

OSS
Observatoire du Sahara
et du Sahel

Evaluation
des Réseaux Hydrologiques dans les pays
de l'Observatoire du Sahara et du Sahel
(OSS)

Juin 1994

HYDRO CONSULT International
GIE ORSTOM - EDF

Préambule

Le présent rapport : « Evaluation des Réseaux Hydrologiques dans les pays de l'OSS » a été réalisé par le GIE ORSTOM-EDF « HYDROCONSULT International » sur commande de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS).

Cette évaluation a été réalisée, pour l'essentiel, à partir de la consultation de différents rapports réalisés dans le cadre d'une vaste étude d'évaluation des réseaux climatologiques, hydrologiques et hydrogéologiques africains, intitulée « Water Assessment », qui portait sur l'ensemble des pays de l'Afrique sub-saharienne, partagée en quatre volets successifs.

Deux volets de cette étude (le premier et le troisième) concernent les pays de l'OSS :

- Le premier volet, qui contient l'évaluation des réseaux des pays membres de l'IGAAD (Djibouti, Ethiopie, Kenya, Somalie, Soudan et Ouganda), était achevé fin 1989. Grâce à l'Organisation Mondiale de Météorologie (OMM), nous avons pu disposer des rapports particuliers de quatre pays (*Djibouti, Somalie, Soudan et Ouganda*) et du rapport régional de synthèse, dus au bureau d'études Gibbs and partners et l'Institut d'Hydrologie de Wallingford.
- Le troisième volet prenait en compte 23 pays d'Afrique de l'Ouest, dont 9 concernent l'OSS : dans ces rapports les évaluations des réseaux hydrologiques de 8 pays avaient été réalisées par l'ORSTOM (*Burkina Faso, Tchad, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Cap Vert et Guinée Bissau*) et le rapport concernant la *Gambie* dans son ensemble par le bureau d'étude Mott MacDonald International. Cette étude, sous la coordination de la Banque Mondiale, fut financée conjointement par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), la Banque Africaine de Développement (BAD) et le Fonds d'Aide et de Coopération (FAC) de la République Française. Les rapports particuliers par pays et le rapport régional de synthèse étaient tous achevés fin 1992.

L'objectif du projet « Water Assessment » était d'évaluer l'état réel des réseaux et des systèmes de collecte, de dresser un inventaire exhaustif des données hydrologiques existantes et de faire des recommandations pour remédier aux manques les plus importants en améliorant la qualité de la collecte de données hydrologiques, renforçant la capacité à traiter et publier les informations hydrologiques dans les pays sub-sahariens. A long terme, l'objectif était d'aider les pays de l'Afrique sub-saharienne dans la création ou l'amélioration de bases de données hydrologiques fiables et utilisables pour la conception et l'évaluation des projets de mise en valeur des ressources en eau.

Le présent rapport, qui traite de l'ensemble des 13 pays de la zone OSS pour lesquels nous avons pu obtenir les rapports particuliers et les deux rapports régionaux correspondants, est conçu en 2 parties d'importance inégale :

- La première partie est un rapport synthétique en 7 chapitres, qui portent un diagnostic sur l'état général de la collecte, du traitement et de la disponibilité des données hydrologiques dans les pays de l'OSS. Ce texte s'inspire très étroitement du rapport régional « Afrique de l'Ouest » déjà cité, qui reflète parfaitement la situation des pays de l'OSS et en adopte l'essentiel des conclusions et des recommandations.
- La deuxième partie se compose de deux annexes :
 - le premier annexe rassemble des fiches pour chacun des pays, où sont résumées toutes les informations obtenues dans les rapports disponibles,
 - le second annexe présente deux projets intéressants la gestion des réseaux hydrologiques africains : le projet « WHYCOS Africa » dû à la Banque Mondiale et à l'OMM et le programme « FRIEND A.O.C. » dû à l'UNESCO et à l'ORSTOM.

Ce rapport, basé sur la consultation de documents correspondant à des enquêtes de terrain datant de 1988 et 1989 pour le premier volet et de 1991 et 1992 pour le troisième volet, n'est sans doute plus exactement représentatif de la situation actuelle des réseaux hydrologiques des pays de l'OSS, situation devenue probablement encore plus grave que celle qui va être décrite ci-après.

Sommaire

Préambule	0-1
Sommaire	0-2
Résumé -Synthèse	0-5

Première Partie

Chapitre 1 : RAPPELS SUR LES CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATIQUES GENERALES DES ETATS DE LA ZONE OSS	1-1
1.1 Introduction générale	1-1
1.2 Climats de la zone des pays de l'OSS	1-1
1.2.1 Evolution climatique récente en Afrique sahélienne	1-1
1.2.2 Evolution climatique possible	1-1
1.3 Régimes hydrologiques des principaux bassins fluviaux des pays de l'OSS	1-3
1.3.1 Présentation générale	1-3
1.3.2 Le Niger	1-4
1.3.3 Le Sénégal	1-4
1.3.4 La Gambie	1-5
1.3.5 La Volta	1-6
1.3.6 Le Lac Tchad et l'ensemble Chari - Logone	1-6
1.3.7 Le bassin du Nil	1-7
Chapitre 2 : ORGANISATIONS ET PROGRAMMES A VOCATION REGIONALE	2-1
2.1 Introduction générale	2-1
2.2 Les Organisations régionales pour les ressources en eau	2-1
2.2.1 Autorité du Bassin du Niger (ABN)	2-1
2.2.2 Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT)	2-1
2.2.3 Organisation de Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS)	2-2
2.2.4 Organisation de Mise en Valeur du fleuve Gambie (OMVG)	2-3
2.2.5 Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)	2-3
2.2.6 Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH)	2-3
2.2.7 L'ORSTOM	2-4
2.3 Projets et programmes régionaux d'aide et de coopération	2-5
2.3.1 AGRHYMET	2-5
2.3.2 HYDRONIGER	2-6
2.3.3 Le Programme OMS/OCP (Programme de Contrôle de l'Onchocercose)	2-6
Chapitre 3 : METHODES POUR L'EVALUATION DES SYSTEMES HYDROLOGIQUES DE COLLECTE DE DONNEES	3-1
3.1 Principes de l'évaluation	3-1
3.1.1 Introduction générale	3-1
3.1.2 Les recommandations UNESCO-OMM	3-1
3.2 Compilation des inventaires	3-2
3.2.1 Inventaire des stations et des données	3-2
3.2.2 Listes Bibliographiques	3-3
3.3 Identification des besoins en données	3-4
3.4 Identification des lacunes dans les données	3-5
3.4.1 Lacunes temporelles	3-5
3.4.2 Densité insuffisante des données	3-6
3.5 Analyse de la qualité des données	3-6
3.5.1 Principes de base	3-6
3.5.2 Contrôles de qualité élémentaires	3-7
3.5.3 Contrôles de qualité approfondis	3-7

Chapitre 4 : SITUATION DE LA COLLECTE DE DONNEES HYDROLOGIQUES	
DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS	4-1
4.1 Difficultés rencontrées par les Services Hydrologiques	4-1
4.1.1 Situation générale	4-1
4.1.2 Difficultés ordinaires des Services Hydrologiques pour la collecte des données	4-1
4.2 Situation de l'Hydrométrie	4-2
4.2.1 Etat des réseaux hydrologiques	4-2
4.2.2 Etat des équipements utilisés pour la collecte	4-5
4.2.3 Qualités des jaugeages	4-7
4.2.4 Qualité des données hydrologiques	4-8
4.3 Transports solides et qualité des eaux de surface	4-8
4.4 Importance d'une « Coopération Régionale » pour la collecte des données hydrologiques	4-9
Chapitre 5 : SITUATION DE LA GESTION DES DONNEES HYDROLOGIQUES	
DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS	5-1
5.1 Logiciels utilisés par les services hydrologiques pour la gestion des données hydrologiques	5-1
5.1.1 Considérations et situations générales	5-1
5.1.2 Traitement des données brutes	5-2
5.1.3 Gestion des données récoltées	5-3
5.1.4 Procédures de contrôle de qualité	5-3
5.1.5 Archivage et extraction des données	5-4
5.2 Procédures d'archivage et de traitement dans l'avenir	5-4
5.2.1 Contraintes essentielles	5-4
5.2.2 Evolution future prévisible	5-5
5.3 Gestion informatisée des données	5-5
5.3.1 Commentaires préalables	5-5
5.3.2 Gestion informatisée des données hydrologiques	5-6
5.3.3 Recommandations générales	5-7
5.4 Publication et diffusion des données	5-8
5.4.1 Pratiques passées et actuelles	5-8
5.4.2 Tendances et développements futurs	5-8
Chapitre 6 : ASPECTS INSTITUTIONNELS DE L'HYDROMETRIE	
DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS	6-1
6.1 Introduction générale	6-1
6.2 Justification financière de la collecte de données hydrologiques	6-1
6.3 Services hydrologiques nationaux	6-3
6.3.1 Définition d'un service hydrologique « modèle »	6-3
6.3.2 Contexte institutionnel	6-3
6.3.3 Equipements	6-4
6.3.4 Moyens de déplacement	6-5
6.3.5 Gestion des ressources humaines	6-5
6.4 Conclusions sur les problèmes institutionnels des services hydrologiques	6-6
Chapitre 7 : RECOMMANDATIONS POUR UN RENOUVEAU DE L'HYDROMETRIE	
DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS	7-1
7.1 Vers de nouvelles perspectives	7-1
7.2 Le Programme pour le Développement de l'Hydrométrie en Afrique de l'Ouest	7-2
7.3 Projets Régionaux	7-2
7.3.1 Considérations Générales	7-2
7.3.2 Projet n° 1 : Programme de Développement de l'Hydrométrie (Projet Parasol)	7-3
7.3.3 Projet n° 2 : Programme de formation des ingénieurs et techniciens hydrologues	7-5
7.3.4 Projet n° 3 : Programme de renforcement de la surveillance hydrologique et de l'environnement	7-5
7.3.5 Projet n° 4 : Sauvetage des données hydrologiques	7-6
7.3.6 Projet n° 5 : « Valeur » des données de ressources en eau en Afrique de l'Ouest	7-6
7.4 Conclusion générale	7-6

Deuxième Partie

Annexe 1 : Etat des Réseaux Hydrologiques des pays de la zone OSS	A1-1
A1 : Mauritanie	A1-2
A2 : Mali	A1-8
A3 : Niger	A1-14
A4 : Tchad	A1-20
A5 : Sénégal	A1-25
A6 : Gambie	A1-32
A7 : Guinée Bissau	A1-37
A8 : Burkina Faso	A1-40
A9 : Cap Vert	A1-46
A10 : Soudan	A1-49
A11 : Ouganda	A1-58
A12 : Djibouti	A1-72
A13 : Somalie	A1-74
Annexe 2 : Projets Régionaux de collecte des données hydrologiques	A2-1
Le projet WHYCOS Africa	A2-2
Le programme FRIEND AOC	A2-11

Résumé -Synthèse

Antécédents

Le Ministère Français des Affaires Etrangères a confié au BRGM, en concertation avec l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), le suivi scientifique et technique en Afrique de plusieurs activités relatives au domaine de la maîtrise de l'information sur l'environnement. Dans ce cadre, le BRGM a délégué au GIE ORSTOM-EDF « HYDROCONSULT International » la réalisation d'une évaluation des réseaux hydrologiques dans les pays de l'OSS. Le GIE « HYDROCONSULT International » a été choisi compte tenu, dans la zone OSS, de l'expérience de l'ORSTOM dans le domaine de l'évaluation des réseaux hydrologiques, expérience mise en valeur notamment à l'occasion du Projet « Water Assessment », projet coordonné par la Banque Mondiale et consacré à une évaluation de la qualité des réseaux hydrologiques et climatologiques des pays de l'Afrique sub-saharienne.

Présentation de l'étude

L'objectif essentiel de cette évaluation des réseaux hydrologiques dans les pays de l'OSS est d'établir un état de la situation effective des réseaux de collecte de données hydrologiques dans la zone de l'OSS et d'émettre des recommandations pour améliorer ou modifier ces dispositifs, afin qu'ils soient à même de mieux répondre aux besoins des futurs programmes de développement de ressources en eau. Cette étude qui ne prévoyait pas de missions sur le terrain, faute de financements suffisants, est donc entièrement basée sur les rapports publiés dans le cadre du projet « Water Assessment » précité, qui reflètent donc la situation des services et réseaux hydrologiques des pays de l'Afrique sub-saharienne aux dates des missions d'expertise du « Water Assessment », soit fin 1991 et l'année 1992 pour les pays d'Afrique de l'Ouest et Centrale visités par les experts de l'ORSTOM et de Mott and MacDonald, et les années 1988 et 1989 pour les 4 pays d'Afrique de l'Est visités par les experts de Gibb's and partners.

Les rapports utilisés, déjà en possession de l'ORSTOM ou gracieusement mis à disposition par l'Organisation Météorologique Mondiale, sont de deux natures :

- Il y a d'abord les rapports spécifiques à chaque état, qui font un descriptif détaillé des réseaux hydrologiques passés et actuels, des données existantes et de leur qualité, et proposent des projets nationaux pour remédier aux défauts et aux lacunes constatées. Ce sont ces rapports par pays qui ont été utilisés pour alimenter les fiches synthétiques par pays rassemblées en annexe A1, et qui ont permis de construire les tableaux synthétiques des chapitres 3 et 4 présentant les principaux éléments de jugement de la qualité actuelle des réseaux (nombre de stations limnimétriques et limnigraphiques, nombre de stations étalonnées).

- Il y a enfin les deux rapports régionaux de synthèse, réalisés l'un par l'ORSTOM et Mott and MacDonald pour 23 pays de l'Afrique de l'Ouest et Centrale, l'autre par Gibb's and partners pour l'Afrique de l'Est. Le premier rapport, qui est tout à fait représentatif aussi des pays de l'OSS, a été beaucoup utilisé, dans son plan comme dans sa forme, pour réaliser les chapitres 1 à 7 de la présente étude commanditée par l'OSS.

Cette étude a donc été organisée en deux parties :

- La première partie consiste en une présentation synthétique, à l'échelle de toute la zone des pays de l'OSS, des évaluations faites pour chaque pays. Cette première partie s'inspire donc très fortement (ou reprend même parfois littéralement) des indications contenues par le rapport régional « Water Assessment » pour l'Afrique de l'Ouest et Centrale, que nous avons simplement actualisées, compte tenu des renseignements nouveaux portés à notre connaissance d'une façon ou d'une autre, et recentrés sur les seuls états de la zone OSS, y compris ceux d'Afrique de l'Est.

- La seconde partie contient 2 annexes. Le premier annexe rassemble les fiches individuelles composées à partir des rapports « Water Assessment » établis pour chaque état, complétées par des photocopies des listes de stations opérationnelles et/ou anciennes et d'une carte la plus récente possible du réseau hydrométrique. Le second annexe regroupe les présentations de deux programmes actuellement projetés ou même en phase de démarrage, qui concernent à l'évidence le devenir des services et réseaux hydrologiques africains, particulièrement dans la zone OSS. Le premier est le projet WHYCOS Africa, dont nous avons résumé la présentation faite par l'OMM à la Banque Mondiale, le second est le projet FRIEND AOC, que l'ORSTOM se propose de coordonner avec le label FRIEND de l'UNESCO.

Résumés des 7 chapitres de la première partie

La première partie, où nous avons donc repris les informations, évaluations et conclusions du rapport régional pour l'Afrique de l'Ouest et Centrale, en les actualisant et les complétant pour la zone Est, se divise en 7 chapitres.

Le premier chapitre « Rappels sur les caractéristiques hydroclimatiques générales des états de la zone OSS » s'efforce de faire, dans un premier temps, une rapide présentation des caractéristiques climatiques générales régnant sur l'Afrique sub-saharienne des Etats de l'OSS vues sous l'angle d'une possible évolution climatique. Les régimes hydrologiques des grands fleuves des pays de l'OSS sont ensuite présentés. Seuls les fleuves d'Afrique de l'Ouest et Centrale font l'objet d'une présentation détaillée. Il est manifeste que la période de sécheresse, débutée il y a 20 ans, si elle semble en voie de rémission pour ce qui est des régimes pluviométriques, marque encore son impact considérable sur le débit des fleuves soudano-sahéliens : il faudrait une longue reprise de pluviométries « normales » pour que les fleuves retrouvent leur abondance d'antan.

Le deuxième chapitre « Organisations et programmes à vocation régionale » procède à une rapide présentation des organisations et programmes à vocation régionale (ABN, CBLT, OMVS, OMVG, CILSS, CIEH, AGRHYMET, HYDRONIGER et OMS-OCP). Nous n'avons pas trouvé dans les rapports par pays et le rapport régional « Water Assessment » des informations suffisamment précises, et surtout suffisamment récentes, pour étendre l'inventaire déjà fait pour l'Afrique de l'Ouest et sur lequel est fondé ce chapitre. Il faut dire que la situation de la plupart de ces institutions régionales, déjà précaire lors de la rédaction début 1993 du rapport régional pour l'Afrique de l'Ouest et Centrale, ne s'est pas améliorée deux années plus tard. Pendant que nous rédigeons ce rapport, le Conseil des Ministres de tutelle du CIEH a décidé de la fin du CIEH et sollicité la communauté internationale pour amorcer la reprise, dans un autre contexte, de certaines de ses activités. Le projet HYDRONIGER est pratiquement en état de cesser toute activité de terrain et l'ABN paraît devenue une structure vide. L'OMVS et l'OMVG, après des vicissitudes, paraissent pouvoir entrer à nouveau dans une phase opérationnelle. L'action de la CBLT, en partie à cause de la poursuite des troubles dans ses pays fondateurs manque de visibilité. Le CILSS et l'AGRHYMET, malgré des difficultés financières chroniques restent les plus efficaces. Enfin le programme OMS-OCP poursuit sa route en réorientant certaines de ses activités en fonction des dernières avancées techniques. Mais il est certain qu'aucune organisation régionale ne remplit actuellement le rôle de coordination technique de la collecte et de la centralisation de données hydrologiques de bonne qualité sur l'ensemble des réseaux hydrologiques d'Afrique sub-sahélienne.

Le troisième chapitre « Méthodes pour l'évaluation des systèmes hydrologiques de collecte de données » rappelle dans un premier temps les méthodes utilisées lors de l'évaluation « Water Assessment » pour procéder au diagnostic sur l'état des réseaux et des données. Ces normes ont été codifiées par l'OMM. Dans ce chapitre figurent de premières indications synthétiques sur le nombre de stations hydrométriques opérationnelles aux dates de passage des experts (1991 et 1992, ou 1988 et 1989, selon les pays). Nous reproduisons ce tableau ci-dessous, sachant que le nombre de stations limnimétriques (« échelles ») n'inclut pas le nombre de stations limnigraphiques (« limnigraphe »).

Pays	Echelles	Limni-graphes	Stations de débits solides	Stations téléométriques	Stations de jaugeage	Sites de barrage
Mauritanie	0	1	0	1	0	0
Mali	65	24	0	24	49	?
Niger	42	9	0	9	28	0
Tchad	44	11	0	0	35	?
Sénégal	26	47	0	4	36	3
Gambie	9	16	0	0	3	0
Guinée Bissau	14	0	0	0	5	0
Burkina Faso	47	60	0	5	60	11
Cap Vert	0	8	0	0	6	0
Soudan	(130)	?	0	0	114	2
Ouganda	(20)	0	0	0	?	4
Djibouti	0	6	0	0	?	0
Somalie	0	0	0	0	0	0

Tableau : Nombre de stations hydrologiques, lors du passage des experts « Water Assessment »

Le chapitre s'achève avec le rappel des méthodes employées pour le contrôle de la qualité des données hydrologiques et particulièrement celle des débits.

Le chapitre 4 « Situation de la collecte de données hydrologiques dans les états de la zone OSS » est le premier des trois chapitres qui seront tour à tour consacrés à la description des différents niveaux de problèmes d'un système de collecte de données hydrologiques : « collecte », « traitement » et « institutions ». L'évaluation faite de la densité des réseaux montre que partout, dans tous les états de la zone OSS, les densités de stations sont inférieures, voire très inférieures, aux normes édictées par l'OMM. Encore faut-il dire que les équipements de ces rares stations sont souvent insuffisants ou obsolètes. Il n'est donc pas étonnant que la qualité des données collectées, déjà en nombre insuffisants, soit très mauvaise. Partout le nombre de données hydrologiques collectées s'est réduit dramatiquement, surtout au cours de la dernière décennie. Comme les jaugeages sont devenus rares dans la plupart des pays et que les stations hydrologiques de la zone OSS sont souvent instables, il va de soi que la qualité des étalonnages, qui n'a jamais été parfaite, soit devenue encore pire. *In fine* la quantité et la qualité des données hydrologiques s'est considérablement amoindrie partout et la situation est localement devenue tout à fait catastrophique. Ajoutons que les stations de mesure des débits solides et de la qualité des eaux sont pratiquement inexistantes en dehors de quelques études localisées et temporaires.

Le chapitre 5 « Situation de la gestion des données hydrologiques dans les états de la zone OSS » montre que d'une façon générale les services n'ont pas su ou pu dominer l'évolution informatique à laquelle le plus grand nombre ont été confrontés. Faute de personnels suffisants, en nombre et en formation, l'informatisation du traitement des données et de l'archivage dans des banques de données reste pratiquement partout un projet, plus qu'une réalité. Comme les procédures anciennes ont le plus souvent aussi été abandonnées, il en résulte là encore une situation catastrophique, sauf dans les quelques rares services qui ont profité jusqu'ici d'une aide plus soutenue. En Afrique de l'Ouest et Centrale, le logiciel HYDROM de l'ORSTOM est disponible presque partout, mais la façon dont il est utilisé fait qu'il y a loin à pouvoir disposer de banques de données informatisées opérationnelles. Pourtant, la pénurie financière et en effectifs, qui sera certainement encore le lot dans les prochaines années des services de la zone OSS, fait que l'informatisation de ce traitement des données et de leur archivage sur support informatisé est devenu incontournable. Encore faut-il que les services respectent les propositions soumises en fin de ce chapitre.

Le sixième chapitre « Aspects institutionnels de l'hydrométrie dans les états de la zone OSS » énonce d'abord quelques pistes signalées dans le rapport régional « Water Assessment » pour mieux évaluer l'impact financier de bonnes données hydrologiques sur la conduite des projets de développement de l'utilisation des ressources en eau. Il s'attache ensuite à définir et décrire le fonctionnement d'un service hydrologique « modèle ». Beaucoup de chemin reste certainement à faire dans les états de la zone OSS pour approcher de ce modèle théorique, mais il est certain que dans bien des pays, seule une aide extérieure financières et technique adaptée peut permettre

l'émergence de services performants, surtout si elle était relayée et amplifiée par un projet à l'échelle régionale.

Le septième et dernier chapitre « Recommandations pour un renouveau de l'hydrométrie dans les états de la zone OSS » reprend en fait les propositions du rapport régional « Water Assessment » pour l'Afrique de l'Ouest et Centrale qui définissait un « Programme pour le Développement de l'Hydrométrie en Afrique de l'Ouest - (PDH) ». Ce PDH est articulé en 5 projets régionaux dont les principaux consistent en un programme de développement des réseaux hydrométriques basé sur la création d'un réseau de stations principales télétransmises à partir de l'existant qui serait amélioré et renforcé. Il s'agit aussi de porter assistance aux réseaux nationaux à travers ce programme, de former leurs personnels, de sauvegarder les données hydrologiques anciennes et d'aider les gouvernements à évaluer la « valeur » véritable de ces données. L'originalité de ce PDH est d'annoncer dès le départ qu'il doit être un projet pérenne et « soutenable », pour être véritablement utile. Ce projet est à l'origine de toutes les initiatives prises depuis par la communauté internationale, initiatives qui ne se sont malheureusement pas encore concrétisées.

Présentation des annexes de la deuxième partie

Le premier annexe est constitué par le rassemblement de fiches de synthèse sur l'état des réseaux et des services hydrologiques nationaux lors des missions des experts du projet « Water Assessment », constituées à partir des rapports par pays. Il est certes inconfortable et toujours insatisfaisant de résumer en 2 pages des rapports qui faisaient souvent 200 à 300 pages. Ces notes de synthèse sont accompagnées de photocopies de listes les plus récentes des stations du réseau de chaque état et d'une carte du réseau.

Le second annexe présente les deux projets WHYCOS Africa et FRIEND AOC, qu'il nous est apparu tout à fait opportun de rappeler dans le cadre de cette étude. Il nous semble en effet que ces deux projets proposent, à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest et Centrale qui est aussi celle de l'OSS, des solutions qui pourraient être reprises dans le cadre OSS, certes en dépassant la seule dimension hydrologique. Mais il n'est pas neutre de constater que le projet WHYCOS Africa est certes un projet axé sur la collecte et la diffusion de paramètres hydrologiques, mais aussi de paramètres environnementaux. WHYCOS Africa, FRIEND AOC et l'OSS ont donc en commun une même échelle de perception des phénomènes environnement qui suggère des rapprochements.

Synthèse des conclusions et recommandations

L'évaluation des réseaux et des services hydrologiques qui vient d'être présentée pour les états de l'OSS montre donc une situation qu'il n'est pas exagéré de qualifier de catastrophique. Tous ceux qui connaissent un peu la situation de l'acquisition des données hydrologiques en Afrique et de leur diffusion ne seront pas surpris de ce jugement sans guère de nuances. Certes, l'évaluation repose sur des missions d'experts déjà vieilles de 2 à 6 ans, mais nous savons que la situation ne s'est nulle part améliorée. Certes, certains pays, comme le Sénégal, le Mali et le Burkina, voire le Tchad et le Soudan, paraissent avoir réussi à maintenir un niveau et une qualité des services presque satisfaisante, mais nous savons que cet état est partout fragile, à la merci d'une crise économique ou politique.

La solution proposée partout, préfigurée par le projet « PDH » du « Water Assessment », reprise par les projets « WHYCOS Africa » et « FRIEND AOC », sous une forme plus ou moins élaborée, consisterait en la création et la maintenance « soutenable » d'un réseau de télétransmission satellitaire de paramètres hydrologiques et environnementaux. Cette proposition est sous-tendue par les considérations suivantes :

- La politique suivie jusqu'à présent, principalement en Afrique, consistait à dépenser de l'argent pour mettre en place ou procéder à des remises à niveau successives de réseaux hydrologiques éphémères, sans identification réelle des objectifs économiques et sans prendre en compte la réalité socio-économique des pays. Cette politique a montré ses limites pour la constitution de séries hydrologiques de longues durées et de bonne qualité, pourtant indispensables pour servir de bases aux décisions économiques et politiques pour tous les programmes nationaux et internationaux liés au climat et à l'environnement.

- La tendance, qui consistait à lier l'acquisition de données à des programmes de développement identifiés avec une durée de vie forcément limitée et des objectifs particuliers, a eu des effets particulièrement néfastes dans ce domaine. Dès le projet achevé en effet, la collecte des données, qui n'apparaît jamais dans les priorités nationales, est généralement négligée et interrompue par faute de moyens financiers et humains appropriés.
- L'expérience a également démontré qu'il n'était pratiquement pas possible d'obtenir des données sur le long terme par le biais de projets individuels, même si ces projets étaient mis en oeuvre dans la même région, voire le même bassin.
- Les fonds disponibles pour l'évaluation et le suivi sur le long terme des ressources en eau sont limités et le resteront certainement dans le futur.
- La politique d'ajustement structurel, la dévaluation du CFA, imposées aux pays en développement par la Banque Mondiale et le FMI, conduisent à restreindre le nombre d'agents de l'état dans les domaines souvent considérés par les gouvernements comme non ou faiblement prioritaires, comme l'hydrométéorologie et l'environnement.
- Il sera de plus en plus difficile de convaincre les pays donateurs de mettre de l'argent dans les réseaux hydrologiques traditionnels sans aucune garantie que ces réseaux seront :
 - - efficaces,
 - - rentables,
 - - capables de fournir les données indispensables aux projets de développement et de suivi de l'environnement.

le système proposé est une application opérationnelle de ces concepts et repose sur :

- Un réseau de stations de référence multicateurs.
- Un système de télétransmission et de contrôle par satellite.
- Une banque de données, intégrant les données anciennes et l'historique des stations, permettant la dissémination des données et des produits aux utilisateurs, tant au niveau national et régional que mondial.

La réponse proposée par le projet WHYCOS Africa en particulier nous semble pouvoir être recommandée aussi aux états de la zone des pays de l'Observatoire du Sahara et du Sahel.

Première Partie

CHAPITRE 1

RAPPELS SUR LES CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATIQUES GENERALES DES ETATS DE LA ZONE OSS

1.1 Introduction générale

Le Ministère Français des Affaires Etrangères a confié au BRGM, pour le compte de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), le suivi scientifique et technique de plusieurs activités relatives au domaine de la maîtrise de l'information sur l'environnement. Dans ce cadre et en concertation avec l'OSS, le BRGM délègue au GIE ORSTOM-EDF HYDROCONSULT International la réalisation d'une évaluation des réseaux hydrologiques dans les pays de l'OSS. Cette action s'inscrit dans le Programme d'Activité de l'OSS, au titre de la « maîtrise de l'information sur l'environnement ». Cette évaluation a été confiée au GIE HYDROCONSULT International compte tenu de l'expérience de l'ORSTOM, dans la zone OSS, dans le domaine de l'évaluation des réseaux hydrologiques, expérience accumulée notamment à l'occasion du Projet « Water Assessment ».

L'objectif essentiel de cette évaluation des réseaux hydrologiques dans les pays de l'OSS est d'établir un état, aux dates des missions d'expertise du « Water Assessment », de la situation des réseaux de collecte de données hydrologiques dans la zone de l'OSS et d'émettre des recommandations pour améliorer ou modifier ces dispositifs, afin qu'ils soient à même de mieux répondre aux besoins des futurs programmes de développement de ressources en eau.

Les pays de l'OSS retenus par cette étude appartiennent pratiquement tous à la vaste zone climatique dite soudano-sahélienne, caractérisée autant par son aridité, souvent extrême, que par la grande variabilité inter-annuelle de ses paramètres climatiques et en premier lieu de la pluviométrie. Dans le passé, les ressources en eau étaient appréciées sur la base de conditions climatiques supposées stables. Certes, dans les zones arides, la conception des projets prenait effectivement en compte cette plus grande variabilité inter-annuelle, mais les conditions climatiques ponctuelles étaient considérées comme invariantes pendant toute la durée de fonctionnement de l'aménagement. Les conséquences dramatiques de la sécheresse récente, particulièrement prolongée dans le Sahel même si elle apparaît maintenant en phase de récession, ont montré les risques qu'il y avait à concevoir des projets d'aménagement à partir de séries chronologiques de durées relativement réduites. Plus récemment, l'importance grandissante du concept du réchauffement global dans l'opinion internationale, fait que les facteurs climatiques et leur hypothétique évolution sont aujourd'hui considérés comme déterminants pour l'évaluation des disponibilités et des besoins dans tout schéma d'utilisation des ressources en eau.

1.2 Climats de la zone des pays de l'OSS

Ce premier chapitre comporte une analyse sommaire des éléments du climat à l'échelle régionale (largement inspirée du rapport régional « Water Assessment » pour l'Afrique de l'Ouest) et présente certaines des conséquences les plus probables d'un éventuel réchauffement global.

Il serait bien difficile de résumer les conditions climatiques spécifiques d'une zone finalement très diversifiée, qui va des vastes horizons sans reliefs très marqués de l'Afrique de l'Ouest aux plateaux éthiopiens et à la dorsale de l'Afrique de l'Est. Nous avons néanmoins rassemblé un certain nombre de généralités, puisées dans les rapports régionaux précités.

1.2.1 Evolution climatique récente en Afrique sahélienne

En Afrique de l'Ouest, sans reliefs montagneux importants susceptibles de perturber la circulation dominante de mousson, le climat régional est très largement déterminé par les mouvements saisonniers de la Zone Inter-Tropicale de Convergence (ZITC). De ce fait, les variations saisonnières de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest sont très marquées avec l'occurrence d'une saison humide qui s'observe entre juillet et septembre sur les latitudes les plus septentrionales (entre 12° et 16°N), et d'avril à novembre plus au sud.

La situation en Afrique de l'Est est rendue plus complexe par les reliefs et l'influence complémentaire, mais moins dominante qu'à l'Ouest, de la mousson originaire de l'océan Indien. La saison des pluies reste néanmoins concentrée pour l'essentiel dans la période estivale.

La variabilité de la pluviométrie africaine est très forte, tant d'une année sur l'autre qu'à l'échelle de la décennie, plus particulièrement dans la frange tropicale semi-aride et sub-humide du continent. Cette variabilité est un facteur inhérent au climat africain et il a été démontré que cette situation se maintenait pour le moins depuis plusieurs siècles.

En Afrique, les anomalies pluviométriques présentent une homogénéité spatiale très nette, aussi bien à l'échelle des années isolées qu'à celle des décennies. Il apparaît que pour les années extrêmes particulières - sèches et humides -, pratiquement tout le continent peut être affecté. Quatre types caractéristiques de répartitions des anomalies pluviométriques peuvent être identifiés sur le continent africain :

- franges tropicales nord et sud sèches ; régions équatoriales humides.
- franges tropicales nord et sud humides ; régions tropicales sèches.
- la totalité du continent sèche.
- la totalité du continent humide.

Une approche plus fine de la variabilité de la pluviosité en Afrique de l'Ouest revient à considérer l'opposition des anomalies pluviométriques de la côte nord du Golfe de Guinée et de l'intérieur du Sahel.

Les hydrologues s'appuient habituellement sur l'objectivité des méthodes statistiques pour estimer la marge d'incertitude avec laquelle sont connus les apports des cours d'eau, que ces données soient générées stochastiquement ou qu'elles proviennent directement de séries historiques observées. La tendance à long terme et l'effet de persistance sont généralement ignorés, tant que des explications physiques n'ont pu être avancées pour justifier la prise en considération de ces éléments.

A cet égard, trois facteurs sont particulièrement importants lorsque l'on considère les changements du climat en Afrique de l'Ouest :

- La persistance de la sécheresse au Sahel augmente la probabilité de voir se développer des répercussions importantes au niveau des apports des cours d'eau.
- Les recherches météorologiques à grande échelle fournissent des résultats qui tendent à expliquer les mécanismes de la sécheresse sur des bases physiques.
- Si la récente diminution de la pluviométrie était effectivement liée à des modifications physiques apportées au système climatique par l'homme, expliquant une partie du changement climatique global, alors la persistance de cette situation et ses conséquences pourraient être plus prononcées et potentiellement plus graves que celles observées dans le passé.

La recherche des causes de la sécheresse en Afrique a été entreprise par plusieurs groupes de recherche européens et nord. Ces travaux, quoique souvent contradictoires, ont montré qu'il existait de fortes corrélations entre les anomalies de Température de Surface de la Mer (TSM) à une échelle globale et l'occurrence de périodes humides et sèches en Afrique.

Des simulations utilisant des modèles de représentation numérique du climat ont aussi été entreprises par divers laboratoires, dans lesquelles on a cherché à simuler les anomalies pluviométriques dans le Sahel pour les années récentes, avec des succès divers quant à la bonne reproduction de la pluviométrie sur le Sahel réellement observée. Bien que le réchauffement observé dans les océans de l'hémisphère Sud, proportionnellement plus rapide que celui des océans de l'hémisphère Nord, semble dû à une réduction du transfert de chaleur du sud vers le nord, les mécanismes effectifs ne sont pas complètement expliqués.

1.2.2 Evolution climatique possible

Pendant la dernière décennie, un certain nombre de tentatives importantes pour modéliser le climat ont été entreprises, pour apprécier les effets de l'augmentation des concentrations atmosphériques de

CO₂ et d'autres gaz à effet de serre sur l'évolution future des températures et des précipitations. Ces recherches ont surtout reposé sur des Modèles prenant seulement en compte la Circulation Générale dans l'atmosphère (GCM), mais des travaux récents ont été faits sur des Modèles de Circulation Globale couplés océan-atmosphère. Le résultat consensuel de ces expériences est que pour un doublement de la concentration des gaz à effets de serre, la température moyenne d'équilibre de la Terre pourrait augmenter de 1,5° à 4,5° C. La meilleure estimation du réchauffement global serait de 2,5 °C. La date à laquelle un tel réchauffement serait atteint reste incertaine en raison du nombre de facteurs en cause. Toutes ces considérations doivent être considérés plus comme des hypothèses de recherche, qui devront être validées, que comme des certitudes.

Le fait que les résultats des différents modèles ne concordent pas entre eux fait naître un doute légitime quant à la fiabilité de ces simulations pour l'identification des changements climatiques régionaux. Ceci est encore plus vrai pour les précipitations que pour les températures.

Selon la plupart des scénarios résultant de plusieurs modèles, une *diminution* de la pluviométrie de juin à août serait prévisible sur la côte Ouest de l'Afrique entre la Côte d'Ivoire et le Cameroun. Plus au nord et à l'est, donc dans la zone des pays de l'OSS, le modèle prévoit des *augmentations de précipitations* en été et cette zone avec augmentation des précipitations pourrait s'étendre vers le nord jusqu'au Lac Tchad. Pour un doublement de la concentration du CO₂ atmosphérique, ces augmentations pourraient aller jusqu'à 0,5 mm. jour⁻¹.

Ce scénario composite génère des augmentations de températures moyennes annuelles comprises entre 3°C et 4°C sur l'Afrique de l'Ouest et le bassin du Lac Tchad. La confiance que l'on peut accorder aux prévisions de température calculées par ces modèles est bien meilleure que celles qui concernent les pluies.

Cette augmentation de température, avec ses effets sur l'évaporation des nappes d'eau libre et l'évapotranspiration sur les bassins versants, pourrait constituer un problème plus sérieux pour les ressources en eau dans la région que celui lié à la modification des apports par changement du régime pluviométrique. L'augmentation des pertes en eau par évaporation et par transpiration amèneraient probablement à annuler les gains d'une augmentation des précipitations.

Ces prévisions des effets d'un réchauffement global sont basées sur un doublement de CO₂ dans l'atmosphère, dans des conditions stabilisées. Il est plus difficile de simuler la modification du climat global avec des scénarios où la concentration de gaz à effet de serre serait en augmentation continue selon des taux conformes aux réalités observées. Un modèle prenant en compte de manière réaliste la circulation des océans et la dissolution du CO₂ dans les océans est nécessaire pour réaliser de telles simulations dans des conditions transitoires.

1.3 Régimes hydrologiques des principaux bassins fluviaux des pays de l'OSS

1.3.1 Présentation générale

Les pays de l'OSS bénéficient tous plus ou moins des ressources en eau amenées par de puissants fleuves, nés en général sur des reliefs étrangers de la zone OSS. La liste des bassins pour lesquels les ressources sont partagées entre plusieurs pays fait l'objet du tableau 1.1.

Tableau 1.1 : Bassins des cours d'eau internationaux des pays de l'OSS

	Niger	Sénégal	Gambie	Volta	Tchad	Nil
Mauritanie		*				
Mali	*	*				
Niger	*			*		
Tchad	*				*	
Sénégal		*	*		*	
Gambie			*			
Burkina Faso	*			*		
Soudan					*	*
Ouganda						*

1.3.2 Le Niger

Le Niger et son principal affluent la Bénoué traversent le territoire de neuf pays. Le cours du Niger est long de quelques 4 200 km et draine un bassin d'environ 1 870 000 km². Cependant, en raison des climats et des conditions physiographiques très diversifiées qu'il traverse, une partie réduite de cette vaste zone contribue effectivement aux apports.

Le Niger prend sa source vers 800 m d'altitude en Guinée. Ce pays possède la quasi-totalité des affluents du Niger supérieur et lorsqu'il pénètre au Mali, le Niger à Dialakoro draine 71 000 km², auxquels il faut rajouter les 21 900 km² du Sankarani à Mandiana.

A Koulikoro, la station de référence du Niger au Mali, le débit moyen annuel calculé en 1989 sur une base de 83 ans est de 1450 m³.s⁻¹ et la pointe de crue a lieu en septembre. Le volume transité moyen interannuel est de 47.10⁹ m³, mais la répartition des volumes sur la période 1907-1988 met en évidence la faiblesse des apports au cours de la dernière décennie. Après Koulikoro, la rivière s'étale pour former le "delta intérieur" qui s'étend sur quelques 17 000 km², presque jusqu'à Tombouctou. Dans ce bief, le principal affluent est le Bani qui prend sa source en Côte d'Ivoire. Les pertes par infiltration et évaporation dans le delta intérieur sont très importantes, avoisinant 50 % du cumul des apports externes par écoulement et de ceux par pluie directe sur la zone.

En aval du delta intérieur le Niger traverse un pays très aride et à l'entrée en République du Niger, le module est de l'ordre de 1 000 m³.s⁻¹ (période 1952-1978). A Niamey, le maximum de la crue passe en janvier-février et l'étiage absolu s'observe en juin-juillet. Sur sa rive droite, le Niger reçoit quelques affluents en provenance du Burkina Faso (Gorouol, Dargol, Sirba, Goroubi, Diamangou, Tapoa) et du Bénin (Mekrou) qui apportent à eux tous une contribution moyenne de 29 m³.s⁻¹ seulement, affectée d'une très forte irrégularité interannuelle.

Nous fournissons ci-dessous les principales caractéristiques hydrologiques du Niger à Koulikoro (Mali) et Niamey (Niger) :

Niger à Koulikoro :

Module interannuel :	1 450 m ³ .s ⁻¹ arrêté en 1989 (1510 m ³ .s ⁻¹ arrêté en 1978)
Module décennal sec :	1092 m ³ .s ⁻¹
Module décennal humide :	1953 m ³ .s ⁻¹
Coefficient d'irrégularité :	1,79
Module maximum observé :	2330 m ³ .s ⁻¹ en 1925/26
Module minimum observé :	616 m ³ .s ⁻¹ en 1984/85
Débit journalier maximum :	# 9500 m ³ .s ⁻¹ en 1925
Débit minimum :	13 m ³ .s ⁻¹ en 1973

Niger à Niamey :

Module interannuel :	975 m ³ .s ⁻¹ (1930-1979)
Module décennal sec :	742 m ³ .s ⁻¹
Module décennal humide :	1286 m ³ .s ⁻¹
Coefficient d'irrégularité :	1,73
Module maximum observé :	1341 m ³ .s ⁻¹ en 1955
Module minimum observé :	644 m ³ .s ⁻¹ en 1973
Débit journalier maximum :	2170 m ³ .s ⁻¹ en 1955
Débit minimum :	0 m ³ .s ⁻¹ en 1984

1.3.3 Le Sénégal

Le Bafing, qui naît en Guinée, est le constituant principal du fleuve Sénégal. Ses affluents majeurs sont le Bakoye et le Baoulé en rive droite et la Falémé en rive gauche. Les débits du fleuve sont régulés en grande partie par le barrage de Manantali sur le Bafing dans sa partie malienne.

Le bassin versant du Sénégal à Kayes au Mali couvre une superficie de 157 400 km². En ce lieu, les caractéristiques des écoulements, calculés sur la période 1905-1989, sont les suivantes :

Sénégal à Kayes :

Module interannuel :	545 m ³ .s ⁻¹
Module décennal sec :	284 m ³ .s ⁻¹
Module décennal humide :	829 m ³ .s ⁻¹
Coefficient d'irrégularité :	2.92
Module maximum observé :	966 m ³ .s ⁻¹ en 1924
Module minimum observé :	162 m ³ .s ⁻¹ en 1987
Débit journalier maximum :	5960 m ³ .s ⁻¹ (1958-59)
Débit minimum :	Nul à plusieurs reprises (période 1980-90)

Pour la période récente qui va de 1968 à 1989, le volume annuel moyen transité à Kayes n'est plus que de $10,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, contre $17,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ pour la période 1905-89.

Le barrage de Manantali est le principal aménagement du cours supérieur. Il est implanté sur le Bafing à l'aval de sa confluence avec le Bakoye. Ce barrage contrôle un bassin versant d'environ $28\,000 \text{ km}^2$. Le volume total de la retenue approche $12 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. L'ouvrage est à vocations multiples (produire de l'électricité, lamener les fortes crues du Bafing et du Sénégal, soutenir l'étiage du fleuve Sénégal, garantir en permanence un débit suffisant au niveau de Bakel).

Les ressources en eaux disponibles pour la basse-vallée sont bien caractérisées par les débits du fleuve à Bakel, car les apports à l'aval de cette station sont pratiquement négligeables. En plus de deux périodes déficitaires centrées autour des années 1913 et 1942, on constate une nette tendance à la baisse depuis la fin de la décennie 60. Sur l'ensemble de la période 1904-87, la moyenne interannuelle des débits est de $684 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Depuis 1987, le régime du fleuve Sénégal n'est plus naturel mais fortement modifié par le barrage de Manantali.

Au niveau de Richard-Toll, sur le cours inférieur du Sénégal, le canal de la Tahouey fonctionne comme un défluent par lequel se remplit le lac de Guiers, vaste dépression naturelle pouvant contenir un volume d'eau de $600 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, (équivalent à un débit moyen annuel de $19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Le remplissage annuel du lac de Guiers, voire la possibilité de mettre en eau la basse vallée du Ferlo, sont potentiellement garantis par l'existence du barrage de Diama, qui permet de maintenir artificiellement le niveau du fleuve à Richard-Toll à une cote suffisante pour alimenter la Tahouey.

Le barrage de Diama est érigé dans le Delta du Sénégal, à une quinzaine de kilomètres à l'amont de Saint Louis. Il est géré par l'OMVS et constitue le complément du barrage de Manantali pour la gestion des eaux du fleuve. Ses fonctions sont doubles (empêcher une remontée du front d'eau salée dans le Delta, maintenir le plan d'eau à une cote suffisante pour l'alimentation les nombreux périmètres irrigués du delta, et en particulier alimenter en continu le lac de Guiers à partir duquel se fait une partie de l'alimentation en eau potable de Dakar).

1.3.4 La Gambie

Le bassin versant s'étend sur $77\,054 \text{ km}^2$ et se partage entre quatre Etats : la Guinée, où le fleuve prend sa source à 1125 m d'altitude aux environs de Labé, le Sénégal, la Gambie et une faible superficie de la Guinée Bissau.

On distingue le "bassin continental" en amont de la zone d'influence de la marée et le "bassin maritime" à l'aval de ce point. Le bassin maritime est très plat, le zéro de l'échelle de la station hydrométrique de Gouloumbo située près de la limite d'influence de la marée et à 500 km de l'embouchure, est en dessous du niveau de la mer et les eaux du fleuve Gambie sont salées sur quelque 250 km.

Le débit maximum de la Gambie fut enregistré à Gouloumbo le 15 septembre 1961, il était de $2\,100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A ce site, l'influence de la marée est suffisante pour que la courbe d'étalonnage soit inutilisable en basses eaux. Le plus faible écoulement jaugé a été de $4,58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ le 26 janvier 1984. Mais ce débit ayant été mesuré quelque cinq mois avant l'occurrence des plus basses eaux en fin de la saison sèche, on peut considérer que l'écoulement est pratiquement nul au terme de cette saison

sèche. La station hydrométrique de Gouloumbo contrôle l'écoulement d'un bassin versant de 42 000 km², alors que le bassin total draine 77 000 km².

Les débits sont connus avec une meilleure précision à Wassadou-aval, mais le bassin est beaucoup plus réduit (33 500 km²) et on ne dispose de données complètes que depuis 1974. Le débit moyen annuel à Wassadou-aval est de 113 m³.s⁻¹ sur la période 1974-1984

Sur la période 1971-1986, le débit moyen interannuel (70 m³.s⁻¹) est connu à la station de Kédougou qui contrôle les débits de la Gambie à l'entrée au Sénégal. Les variations annuelles mettent en évidence des années déficitaires en 1983 et en 1984, mais ne montrent aucune tendance nette sur cette période relativement courte.

La pénétration très profonde de l'intrusion saline est une caractéristique particulière de la rivière Gambie. La position de l'interface eau salée/eau douce varie avec le débit propre de la rivière entre 250 km de la mer, quand le débit descend à 1 ou 2 m³.s⁻¹ en période très sèche, et 115 km de la mer pour un débit de 150 m³.s⁻¹ au maximum de la saison des pluies.

Un projet de barrage au Sénégal à Kereti et un autre sur le cours inférieur en Gambie ont fait l'objet d'études.

1.3.5 La Volta

La Volta draine un bassin de 398 700 km² comprenant une partie du Mali, du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire, du Togo, du Bénin et du Ghana avant de rejoindre le golfe de Guinée, mais 2 pays composent à eux seuls la quasi-totalité de ce bassin versant : le Burkina Faso et le Ghana. L'écoulement moyen annuel du bassin est de 37.10⁹ m³, mais pendant les deux dernières décennies sèches dans la région, les écoulements ont été bien inférieurs à la moyenne à long terme.

Le fleuve Volta ne conserve ce nom qu'au Ghana, à l'aval de la confluence des trois branches qui drainent la partie centrale du Burkina :

- Le Mou Houn (ex Volta Noire), dont le module interannuel est de 94 m³.s⁻¹, le maximum mensuel de 626 m³.s⁻¹ et le minimum mensuel plusieurs fois nul lors de ces dernières années au sortir du Burkina à Noubiel.
- Le Nakambé (ex Volta Blanche), dont le module interannuel est de 30 m³.s⁻¹, le maximum mensuel de 484 m³.s⁻¹ et le minimum mensuel nul, à Bagré.
- Le Nazinon (ex Volta Rouge).

De nombreux barrages, petits et moyens ont déjà été réalisés sur les affluents des 3 Voltas. Un barrage hydroélectrique important existe sur la Kompienga depuis 1988, et d'autres sites devraient être équipés lors des prochaines années.

1.3.6 Le Lac Tchad et l'ensemble Chari - Logone

Le lac Tchad est situé à une altitude d'environ 280 m au dessus du niveau de la mer aux limites du Sahara, entre les latitudes 12° N et 14° 30' N et les longitudes 13° E et 15° 30' E. Le lac est le centre d'un bassin endoréique de 2 500 000 km² qui empiète sur le territoire de 7 états. Plus de 90 % des apports au lac sont assurés par le système Chari-Logone, qui prend sa source aux limites sud du bassin.

L'hydrologie du bassin du Chari est complexe par suite de l'existence des "yaérés", vastes zones soumises à des inondations saisonnières. Ces zones se situent à l'aval de Miltou sur le Chari et de Lai sur le Logone. La zone inondée est fonction de l'importance de la crue sur le cours principal et de ce fait, les pertes par évaporation et par infiltration sont plus importantes les années humides.

Le Lac Tchad est peu profond ; les profondeurs moyennes varient entre 1,5 et 5 m. Cette caractéristique fait que l'extension de la surface mouillée est très sensible aux modifications de volumes provoquées par les fluctuations des apports et des pertes. Pour un niveau inférieur à la cote 279 m, un bourrelet, la "grande barrière", apparaît entre Baga Kawa et Baga Kiskra, divisant le lac en deux plans d'eau distincts au nord et au sud. Après son émergence, le bourrelet se recouvre

rapidement d'une végétation dense qui limite les écoulements entre les deux parties. Le lac Sud est alimenté par l'écoulement du Chari, tandis que l'alimentation du plan d'eau Nord se limite aux apports du bassin de la Komadoukou-Yobe et à ceux d'autres systèmes à écoulement intermittent, plus quelques déversements du plan d'eau sud par dessus le bourrelet.

L'arrivée soudaine de la sécheresse au Sahel dans les années 1970 s'est traduite par de spectaculaires réductions de la taille et du volume du lac, qui est passé du stade de véritable lac à celui d'un delta marécageux du Chari, avec des conséquences désastreuses pour les communautés riveraines et pour d'autres activités plus éloignées, dépendant des ressources en eau du lac.

Les caractéristiques hydrologiques du Chari à N'Djamena (à l'aval de son confluent avec le Logone), qui avaient été établis dans les monographies hydrologiques, doivent maintenant être réactualisés à la suite de la longue période déficitaire observée depuis 1973. Les évolutions des différents paramètres hydrologiques sont les suivants :

Chari à N'Djaména :

Module interannuel (période 1932-67) :	1260 m ³ .s ⁻¹
Module interannuel (période 1967-89) :	770 m ³ .s ⁻¹
Module interannuel (période 1932-89) :	1080 m ³ .s ⁻¹
Crue médiane :	3500 m ³ .s ⁻¹
Etiage médian :	110 m ³ .s ⁻¹
Module maximum observé :	5160 m ³ .s ⁻¹
Module minimum observé :	quelques m ³ .s ⁻¹

Les variations du lac Tchad lors de la période historique furent considérables. On distingue plusieurs états qualifiés comme suit :

- « Grand Tchad », pour une altitude du plan d'eau voisine de 284 m, une surface moyenne de 25000 km² et un volume de l'ordre de 100 milliards de m³, état observé encore au XIX^{ème} siècle.

- « Moyen Tchad », pour une altitude du plan d'eau voisine de 282 m, une surface moyenne de 19000 km² et un volume de l'ordre de 65 milliards de m³, état observé de 1958 à 1960 et de 1967 à 1969.

- « Petit Tchad », pour une altitude du plan d'eau voisine de 280 m, une surface moyenne de 10000 km² et un volume de l'ordre de 20 milliards de m³, état observé en 1908, et de nouveau observée (et dépassée) à partir de 1973.

A partir de 1972 les apports du Chari ont très sensiblement diminué. Dès 1972 le volume du lac n'était plus que de 33 milliards de m³ et passait à 10 milliards de m³ en août 1973. Les apports du Chari ont connu des valeurs encore plus faibles en 1983-84 (520 m³.s⁻¹) et 1984-85 (213 m³.s⁻¹), entraînant un abaissement général du plan d'eau, l'émergence de la grande Barrière et l'assèchement de la cuvette nord.

1.3.7 Le bassin du Nil

Il serait très difficile de présenter ici, même sommairement, les conditions hydrographiques et hydrologiques principales du bassin versant du Nil, par ailleurs déjà fortement aménagé, et pour lequel nous n'avons pas trouvé de données hydrologiques synthétiques facilement accessibles dans les rapports Gibbs and partners. Nous nous limiterons à une présentation très rapide de l'hydrographie complexe de ce bassin auquel appartiennent la quasi totalité des territoires des états du Soudan et de l'Ouganda.

En Ouganda, ce sont les deux interconnexions imposées par la tectonique récente entre le lac Victoria, le lac Edward et le lac Albert d'une part, et le lac Victoria, le lac Kyoga et le lac Albert d'autre part, qui constituent finalement le Nil Blanc qui pénètre au Soudan.

Au Soudan, ce Nil Blanc, grossi en rive gauche du Bahr el Ghazal venu des confins frontaliers avec Tchad et Centrafrique, et en rive droite de la Sobat, se joint au Nil Bleu descendu des plateaux éthiopiens, avant de pénétrer en Egypte, où il devient le Nil, berceau historique des premières civilisations humaines.

CHAPITRE 2

ORGANISATIONS ET PROGRAMMES A VOCATION REGIONALE

2.1 Introduction générale

Les rapports « Water Assessment », dont est extraite la substance de ce rapport, peuvent être considérés comme la première manifestation en Afrique du caractère international des problèmes de ressources en eau et de la nécessité de la mise en oeuvre d'une coopération internationale et régionale pour traiter ce problème. Au cours des dernières décennies, plusieurs organisations, programmes régionaux et projets d'aide étaient considérés comme compétentes en matière d'acquisition de données hydrologiques, de gestion de ces données et de conception des projets d'aménagement. Aussi, une évaluation des réseaux hydrologique des états de la zone OSS serait incomplète si elle ne faisait pas aussi référence aux activités des Organisations Internationales et de leurs Projets régionaux qui y sont présents.

Les rapports cités avaient passé en revue l'essentiel des activités et des projets de ces diverses organisations. Depuis la date où ils furent réalisés (1991-1992), la situation de certains d'entre eux a évolué, parfois de façon très significative, et pratiquement jamais dans un sens favorable. Nous nous sommes donc efforcés de corriger les indications de ces rapports, chaque fois que nous disposions d'une information fiable. De nouveaux projets sont apparus, qui complètent, succèdent, voire remplacent, les projets présentés dans les rapports de pays et particulièrement le rapport régional sur l'Afrique de l'Ouest. Tel est le cas du projet WHYCOS Africa (OMM et Banque Mondiale) et du projet FRIEND (UNESCO, OMM et ORSTOM) auxquels nous avons consacré l'annexe 2 de ce rapport, compte tenu de leur importance pour l'avenir des réseaux hydrologiques dans la zone OSS.

Nous avons repris ci-dessous, et amendé, les indications des rapports « Water Assessment » qui concernaient les pays de la zone OSS.

2.2 Les Organisations régionales pour les ressources en eau

2.2.1 Autorité du Bassin du Niger (ABN)

La Commission du Bassin du Niger a été fondée en 1964. Le siège de l'organisation est situé à Niamey (République du Niger). En 1980, les pouvoirs de la Commission ont été étendus et elle a été transformée en Autorité du Bassin du Niger (ABN). L'organisation est dirigée par les Chefs d'Etats des pays membres qui se réunissent en un sommet quadriennal et par des ministres délégués des états qui tiennent un congrès annuel. Les pays de l'OSS, également membres de l'ABN, sont le Burkina Faso, le Tchad, le Mali et le Niger. L'ABN a reçu des aides d'un grand nombre de donateurs dont le PNUD, la CEE, l'USAID et le Fonds Spécial de l'OPEEC. Parmi les réalisations notables de l'ABN on peut citer la création d'un centre de documentation, l'exécution d'activités hydrométriques et le Projet HYDRONIGER sur lequel nous reviendrons.

En 1988, à l'occasion du cinquième sommet des Chefs d'Etats, une restructuration du personnel de l'Autorité a été décidée pour améliorer l'équilibre budgétaire entre les dépenses et les recettes. Dans cette restructuration, le nombre des départements et le nombre total des personnels ont été réduits. Trois départements ont été conservés : Planification, Documentation & Information et Administration. De surcroît, pour remplir ses engagements au titre de structure de contrepartie au projet HYDRONIGER, un système nouveau a été institué par lequel la part des cotisations des pays membres destinée à ce projet était versée sur un fond spécial géré par le PNUD. Les effets à long terme de cette restructuration sur l'amélioration de l'efficacité de l'Autonté restaient à évaluer lors de la réalisation des rapports « Water Assessment », mais à l'heure actuelle on peut émettre des doutes très sérieux sur les chances de survie de cette organisation et de son principal projet, si l'on considère l'incapacité quasi générale des états à auto-financer les institutions régionales de ce genre.

2.2.2 Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT)

La Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT) a été fondée en 1964 et est basée au Tchad, à N'Djamena ; les états de la zone OSS qui en sont également membres sont le Tchad et le Niger. La

fonction de l'organisation est de coordonner les activités pour le développement social et économique du "bassin conventionnel" entourant le Lac. Cette surface représente 19 % seulement du bassin hydrographique total et, fait plus important, elle inclut seulement 10 % du bassin du Chari et 25 % de celui du Logone qui sont les principales sources d'alimentation du Lac. A la réunion des Chefs d'Etats de 1985, où la sécheresse était la préoccupation dominante, il a été admis que la Commission devait concevoir la gestion de l'environnement et des ressources en eau au niveau des grands bassins versants. Il avait également été recommandé que la République Centrafricaine rejoigne la Commission pour arriver à une gestion satisfaisante du Chari/Logone.

Un certain nombre de projets sur financements internationaux ont été exécutés sous les auspices de la CBLT au cours de deux phases d'activités : jusqu'à 1979-80 où il y avait de grands projets régionaux d'étude des ressources en eau financés par le PNUD, et depuis 1985-86 où se sont combinés un projet d'assistance technique à long terme et trois grandes études :

- Planification et Gestion des ressources en Eau du Bassin du Lac Tchad, projet RAF/88/029. Programme de 4 ans, financé par le PNUD, démarré en 1989.
- Bassin Conventionnel du Lac Tchad - Diagnostic sur la Dégradation de l'Environnement. UNEP et UNSO, 1989.
- Plan Directeur pour le Développement et la Gestion des Ressources Naturelles du Lac Tchad dans une Optique Environnementaliste. CBLT avec l'assistance de l'UNEP et de l'UNSO, 1991.
- Plan d'Action pour la Gestion des Ressources en Eau du Bassin Conventionnel pour un Développement Agricole Durable. FAO TCP/RAF/9162, 1991.

Les études ci-dessus ont recommandé que le rôle de la CBLT soit de coordonner au niveau du grand bassin les projets à financement international, en laissant aux services nationaux la mise en oeuvre des projets de coopération bilatérale. Pour que la CBLT ait un rôle efficace dans le règlement des conflits entre pays membres, la Commission devrait être investie de pouvoirs étendus. Les difficultés politiques de la région, particulièrement celles du Tchad, limitent les possibilités d'action de la CBLT.

2.2.3 Organisation de Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS)

L'Organisation de Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) qui regroupe les Etats du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal a été fondée en 1972 et fait suite à deux précédentes tentatives d'association des états riverains du fleuve pour le développement et la gestion commune des eaux de ce bassin, à savoir le Comité Inter-Etats fondé en 1963 et l'Organisation des Etats Riverains du Sénégal (OERS) fondée en 1968.

Pour satisfaire aux objectifs de développement (agriculture, hydroélectricité, navigation), le programme de l'OMVS prévoyait d'assurer un débit minimum de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le Sénégal à Bakel. Cela s'est traduit par la construction des deux barrages de Manantali sur le Bafing au Mali et Diama dans l'estuaire. L'exécutif de l'Organisation est constitué par un Haut Commissariat assisté d'un Secrétariat Général. Elle comportait trois départements respectivement dits "Infrastructure Régionale", "Développement et Coordination" et département "Investissement et Dette". L'Organisation dispose d'un Centre de Documentation à Saint-Louis, qui collecte toutes les informations concernant le fleuve depuis 1970.

Les activités opérationnelles étaient jusqu'en 1993 assurées par une Cellule Provisoire de Gestion, directement rattachée au Haut Commissariat. Il est prévu en 1994 que cette structure évolue vers une Agence de Gestion des Ouvrages Communs (AGOC), qui serait une société d'Economie Mixte. Les principales attributions de l'Agence seraient :

- la gestion de l'eau,
- la gestion technique des ouvrages communs,
- la gestion des usagers de l'eau.

L'avenir de l'Organisation est intimement dépendant, d'une part de celui des relations politiques entre les pays qui la composent, en particulier entre la Mauritanie et le Sénégal, et d'autre part de la capacité de l'AGOC à percevoir effectivement les « droits d'eau » qui permettraient, sinon le remboursement des investissements considérables déjà réalisés, mais au moins le fonctionnement des ouvrages communs qui assurent la régulation du fleuve Sénégal.

2.2.4 Organisation de Mise en Valeur du fleuve Gambie (OMVG)

L'Organisation de Mise en Valeur du fleuve Gambie (OMVG) a été créée par le Sénégal et la Gambie en 1978 à Dakar. La Guinée a rejoint l'Organisation en 1980 et la Guinée Bissau en 1983.

L'Organisation était en début 1992 en phase de restructuration. Les postes de Haut Commissaire et de Secrétaire Exécutif ont été fusionnés et le nombre des Directions a été réduit à trois :

- Direction des Infrastructures, des Etudes et de la Planification,
- Direction de l'Agriculture,
- Direction Administrative et Financière.

Cette restructuration n'est pas encore achevée.

Les projets d'aménagements sous les auspices de l'OMVG comprennent notamment :

- le barrage de Krékéti sur le fleuve Gambie, qui permettrait l'irrigation de 70 000 ha et le fonctionnement d'une centrale électrique produisant 157 GWh par an. Cette étude sera incluse dans un programme de schéma directeur du fleuve Gambie, pour lequel un financement du PNUD est pressenti.

2.2.5 Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)

A la suite de la sécheresse persistante en Afrique sahélienne depuis 1969 qui fut particulièrement sévère pendant les saisons des pluies très déficitaires de 1972 et 1973, six pays (appartenant tous à la zone OSS dont ils furent parmi les initiateurs), le Burkina Faso, le Tchad, le Mali, la Mauritanie, le Niger et le Sénégal, ont décidé de créer en 1973 un Comité Permanent pour combattre les effets de la sécheresse dans la région. Depuis, d'autres pays, appartenant aussi à l'OSS, ont rejoint le Comité : la Gambie (1974), les Iles du Cap Vert (1975) et la Guinée Bissau (1986). Le siège de l'Organisation est situé à Ouagadougou, au Burkina Faso.

L'instance supérieure de direction de l'Organisation est la Conférence des Chefs d'Etats. Sous cette autorité, on trouve le Conseil des Ministres, qui travaille en coopération avec le Club du Sahel, puis d'autres organes spécifiques qui comprennent le Comité Consultatif de Coordination, les Agences d'exécution, le Secrétariat, le Comité Exécutif et le Conseil pour la Formation et la Science. Le fonctionnement est assuré par des contributions des pays membres, et des études et des activités spéciales sont financées par un grand nombre de donateurs, tels que le PNUD et les gouvernements de Belgique, de France, des Pays-Bas, de Suisse et des Etats-Unis d'Amérique. Les actions des donateurs ont été placées sous la coordination de l'OMM.

Un projet initial du CILSS a été de lancer des études touchant à l'hydrométéorologie, l'agroclimatologie et la météorologie. Le Comité a également proposé de créer un centre régional pour la formation, a réalisé des études en agroclimatologie pour réduire le risque en agriculture et a procédé à des expériences pour augmenter les précipitations par des pluies provoquées artificiellement.

Ceci a conduit à la création du programme et du centre AGRHYMET (AGRIculture, HYdrologie et METéorologie) décrit dans le chapitre suivant. En dehors des activités menées au centre régional de Niamey, d'autres projets régionaux ou nationaux sont conduits dans les pays dans le cadre l'AGRHYMET.

2.2.6 Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH)

Cette organisation a été fondée en mars 1960 à Niamey au Niger. Quatorze pays sont aujourd'hui membres du Comité, dont 7 appartiennent à la zone OSS : le Burkina Faso, le Tchad, la Guinée Bissau, le Mali, la Mauritanie, le Niger et le Sénégal. Le siège du CIEH est à Ouagadougou au Burkina Faso. L'objectif du Comité est de promouvoir la coopération régionale en matière de ressources en eau, en effectuant des études et en diffusant largement les résultats. Pour aboutir à l'amélioration de la recherche et des techniques de gestion dans le domaine des ressources en eau, les activités du Comité comportent :

- des études d'intérêt général et des recherches méthodologiques particulières,
- le conseil technique aux états membres qui en font la demande,
- la mise à disposition de savoir-faire et d'expérience,
- la formation et la diffusion de l'information.

Le CIEH est dirigé par un Conseil des Ministres, qui se tient tous les deux ans. La réunion a lieu par alternance dans chacun des états membres. Le Conseil passe en revue les activités des deux années précédentes et adopte le programme d'activités et le budget des deux années suivantes. Le budget de fonctionnement est fourni par les contributions des pays membres. Les investissements sont assurés pour partie par les états membres et par l'aide internationale. Le Comité a reçu dans le passé le soutien de plusieurs donateurs bilatéraux et multilatéraux et a collaboré avec un certain nombre d'organisations régionales et internationales en rapport avec ses domaines de compétence, notamment dans le cadre du projet « Water Assessment », dont il coordonna la phase Afrique de l'Ouest, sur délégation de la Banque Mondiale.

Les difficultés financières chroniques traversées par la plupart des pays membres ont fait que la situation du CIEH s'est progressivement considérablement dégradée. Le principal donateur, la France, n'a pas souhaité continuer son effort tant que ne seraient pas assainies la gestion et l'assiette financière du CIEH, notamment par une meilleure prise en compte par les états membres de leurs cotisations statutaires. Début 1994, le CIEH est dans une passe financière très difficile qui fait douter de la survie de cet organisme qui exerça pourtant un rôle déterminant dans l'hydrologie africaine. Au niveau régional, son relais pourrait être, au moins partiellement assuré par l'EIER de Ouagadougou, autour de laquelle il s'agirait de constituer un véritable pôle de l'eau.

2.2.7 L'ORSTOM

L'ORSTOM (L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) a eu un rôle très important pour le développement de l'hydrologie dans les pays francophones de la zone OSS et doit être pris en considération dans les perspectives de coopération régionale. Les Services Hydrologiques de ces pays, qui ont des similitudes structurelles marquées et des standards de collecte et de traitement très voisins, sont l'héritage de la coopération avec l'ORSTOM.

Cet Institut a assuré l'implantation et la gestion directe des réseaux nationaux, parfois depuis 1946. A partir de la fin des années 70, l'ORSTOM a cessé d'être le gestionnaire direct de ces réseaux, dont l'exploitation a progressivement été confiée aux services nationaux.

La micro-informatique a été introduite à partir du milieu des années 80, avec le système HYDROM, qui permet le traitement de base de toutes les données hydrologiques sur ordinateur PC compatible (dépouillement automatisé des enregistrements graphiques par table à numériser, dépouillement des jaugeages, saisie manuelle et contrôle des hauteurs d'eau à des pas de temps quelconques, calcul des débits, édition de l'annuaire, inventaire des données disponibles). Les données hydrologiques existent dans ce format HYDROM depuis l'origine des stations jusqu'au début des années 80 dans tous les pays francophones d'Afrique de l'Ouest, et jusqu'à nos jours pour certains d'entre-eux (Sénégal, Guinée Bissau...).

Le produit est en évolution constante pour s'adapter aux nouvelles technologies de collecte. Il permet en particulier de traiter les informations enregistrées sur les mémoires électroniques des stations automatiques et de gérer les données hydrologiques reçues par les stations de réception des systèmes ARGOS et METEOSAT. Le logiciel HYDROM 2 existe également en versions anglaise, portugaise et espagnole. Il sera bientôt remplacé par une version HYDROM 3, plus conviviale et aux compétences graphiques élargies.

Le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier (France) assure des cycles de formation à l'utilisation du logiciel, en France et dans les pays en développement et une assistance aux utilisateurs, grâce à des financements bilatéraux (FAC) ou internationaux (OMM, PNUD).

2.3 Projets et programmes régionaux d'aide et de coopération

2.3.1 AGRHYMET

Le Programme et le Centre AGRHYMET de Niamey ont été créés pour réaliser un certain nombre d'objectifs fixés par le CILSS, et en particulier développer une méthodologie selon laquelle la prise en compte des interactions de la climatologie et de l'hydrologie avec l'agriculture pouvait apporter une amélioration de la production agricole dans les conditions climatiques actuelles des pays du Sahel.

Une mission menée conjointement par le PNUD, l'OMM et la FAO en 1974 avait déterminé de manière détaillée les besoins des sept pays membres et un programme de renforcement des services agroclimatologiques et hydrologiques nationaux avait été défini à cette occasion. La création du centre AGRHYMET de Niamey avait également été recommandée par cette mission.

Un bâtiment a été construit pour le programme AGRHYMET à Niamey, sur terrain propre. Les installations comprennent un centre informatique, une bibliothèque, des salles de cours, des bureaux et des logements pour les étudiants. L'enseignement dispensé par le centre donne accès à des diplômes de qualification reconnus. Le centre possède sa propre ferme expérimentale.

L'historique du programme compte plusieurs phases dont la troisième s'est terminée en 1991. Les objectifs « hydrologiques » principaux de cette troisième étape consistaient à :

- Développer et mettre en pratique les méthodes et techniques de mesure et de collecte de données concernant l'agrométéorologie et l'hydrologie. Ces objectifs incluent l'analyse et le stockage de ces données au Centre de Niamey et dans chaque pays du Programme.
- Contribuer au fonctionnement d'un système d'alerte avancée aux différents niveaux national, régional et global, en fournissant les informations et des prévisions météorologiques, agrométéorologiques et hydrologiques.
- Contribuer aux efforts nationaux et régionaux visant à l'augmentation de la production agricole par l'évaluation et l'amélioration des procédures et des méthodes permettant de combiner les informations de l'agrométéorologie et de l'hydrologie avec les caractéristiques du système de production agricole en usage.
- Assurer le suivi du renforcement des centres nationaux impliqués avec AGRHYMET, en favorisant une prise de responsabilité progressive et croissante du personnel national dans le cadre d'un programme sur 10 ans.

Le programme est placé sous l'autorité du Conseil des Ministres du CILSS. Il comprend deux comités principaux (le Comité Exécutif et le Comité Consultatif de Coordination) qui supervisent de très près les activités du Programme, en particulier pour assurer une coopération effective entre les différentes agences de financement.

Le Comité Exécutif est composé de trois représentants de chacun des pays membres (habituellement les responsables des services météorologiques et hydrologiques et un responsable de la production agricole) et des représentants des Organisations Internationales particulièrement impliquées dans le Programme. Le Comité se réunit au moins une fois par an.

Le Comité Consultatif de Coordination comprend des représentants du PNUD et des agences d'exécution des Nations Unies impliquées dans le programme ainsi que des représentants des pays donateurs. Le comité se réunit une fois par an.

Pendant la troisième phase, hormis la contribution des pays membres du CILSS, les principaux apports au Programme ont été assurés par le PNUD et par la Belgique, la France, l'Italie, les Pays-Bas, la Suisse et les USA.

Au niveau régional, les activités suivantes concernant l'hydrologie ont été réalisées :

- Le microfichage, la saisie et le contrôle de la qualité des données hydrologiques et climatologiques (séries historiques) ; le développement de logiciels de traitement des données ; la collecte et le traitement de données décennales.

- La formation complète de 10 ingénieurs hydrologues, 15 techniciens supérieurs en hydrologie et 15 techniciens supérieurs en instrumentation ; la formation en cours de 12 ingénieurs hydrologues (classe 2), l'organisation de 7 séminaires.

Il est prévu d'engager le programme dans une quatrième phase, avec une participation et une responsabilisation accrues des personnels des pays du Sahel et une réduction correspondante pour les personnels et les financements en provenance des pays extérieurs à cette zone.

2.3.2 HYDRONIGER

HYDRONIGER est un projet de l'Autorité du Bassin du Niger. Il fait suite à un projet plus ancien, qui avait établi un réseau d'annonce de crues en Guinée et au Mali à la suite des inondations de 1967. Ce projet exécuté par l'OMM avait démontré la faisabilité d'un tel réseau, bien que la technologie utilisée (communication par radio, en mode vocal et en ondes courtes) ne permettait pas un suivi suffisamment rapide pour faire une prévision de crues.

Le projet HYDRONIGER a débuté en 1979 avec des financements du PNUD, du Fonds Européen de Développement (FED) et du Fonds Spécial de Développement de l'OPEC. Une évaluation préalable de l'importance du réseau qui serait nécessaire pour la prévision des crues sur la totalité du bassin du Niger avait proposé l'installation de 98 stations. Mais pour des raisons financières, ce nombre a dû être réduit à 65 stations. L'installation de ces stations a commencé en 1983 avec la visite de deux équipes du centre de Niamey et de l'ORSTOM dans les pays membres et des travaux conjoints avec les instances nationales. Les installations ont été terminées en 1986. En 1987, le projet utilisait des modèles de prévision provenant de trois sources distinctes : un modèle développé par un cabinet d'ingénieurs consultants dans le cadre d'un contrat avec l'OMM, un modèle de l'ORSTOM et un modèle développé par l'équipe du Projet. L'utilisation de ces trois modèles a permis de faire des prévisions sur l'ensemble du bassin du Niger.

La transmission des données est basée sur le système ARGOS. Ce système utilise deux satellites, placés en orbite polaire dont les plans sont décalés d'environ 60°. Ce système permet à une station proche de l'équateur de transmettre des données avec une périodicité maximum de l'ordre de 8 heures. Ce délai diminue au fur et à mesure que l'on monte en latitude. Des bâtiments ont été construits à Niamey pour abriter le Centre International de Prévision, et dans chacun des pays participants pour un Centre National de Prévision. Chaque Centre National est équipé avec une station de réception.

En 1988, une seconde phase, qui devait consolider le travail de la première phase, a commencé. Les activités prévues durant cette phase étaient l'amélioration du calage des modèles sur tout le bassin et une diffusion périodique régulière des prévisions. En partie à cause de retards dans la mise en place des financements internationaux, mais surtout suite à l'incapacité des états de financer leur quote-part, la plupart de ces objectifs n'ont pas été atteints.

Actuellement, l'avenir du projet est très incertain.

Un certain nombre de projets initiés par la Banque Mondiale et l'OMM (projet WHYCOS Africa), la CEE ou des coopérations bilatérales comme les coopérations française et danoise pourraient dans un proche avenir prendre le relais du projet HYDRONIGER qui apparaît comme peu susceptible d'être relancé en l'état.

2.3.3 Le Programme OMS/OCP (Programme de Contrôle de l'Onchocercose)

Le Programme OCP - *Onchocerciasis Control Project*, ou Programme de Contrôle de l'Onchocercose est un programme de l'OMS opérationnel dans la région depuis 1974. Le siège du programme est à Ouagadougou.

L'onchocercose ou "cécité des rivières" est une maladie endémique en Afrique de l'Ouest. Les fortes pentes et les rapides, qui caractérisent le profil en long des rivières de la région constituent un environnement idéal pour les larves de *simuliidés* (mouches noires ou simulies) parmi lesquelles certaines espèces sont les vecteurs du ver de l'onchocercose. La maladie affecte 15 à 20 millions de personnes dans la région.

Le contrôle du vecteur de la simolie s'effectue par un programme hebdomadaire régulier de traitement chimique des sites infestés. Les équipes se déplacent de site en site en hélicoptère, en transportant les produits chimiques nécessaires. La plupart des traitements sont appliqués par voie aérienne. Le dosage requis est fonction du débit du cours d'eau à l'instant du traitement, ce qui explique l'implication du programme OCP en hydrométrie.

Comme les services hydrologiques nationaux n'étaient pas toujours en mesure de fournir à OCP les données hydrologiques aux sites intéressants (les gîtes de simolies), le Programme a dû consacrer des ressources humaines et financières aux activités hydrologiques. Le Programme dispose aujourd'hui d'un réseau hydrologique télétransmis et d'équipes de terrain couvrant 9 pays, dont un certain nombre sont de la zone OSS (Sénégal, Guinée-Bissau, Gambie, Mali, Burkina, Niger). Cet effort a été accompli en collaboration avec l'ORSTOM. Une centaine de stations automatiques de dernière génération avec stockage des données sur mémoires mortes et télétransmission par le système ARGOS ont été installées et cette technologie intéresse fortement les hydrologues des services nationaux.

Une caractéristique importante des activités hydrométriques d'OCP est qu'elles sont un moyen d'aboutir à une fin (en l'occurrence optimiser le dosage des insecticides) et non une fin en elles-mêmes. L'OMS a prévu de poursuivre le programme OCP jusqu'à l'an 2000. Toutefois si l'on considère que de nouvelles méthodes d'éradication de la maladie sont constamment à l'étude et qu'un traitement prophylactique a déjà été testé au Ghana, les activités hydrologiques du programme pourraient être réduites avant l'échéance prévue, ce qui autoriserait une redistribution des stations existantes.

CHAPITRE 3

METHODES POUR L'EVALUATION DES SYSTEMES HYDROLOGIQUES DE COLLECTE DE DONNEES

Les auteurs des rapports « Afrique de l'Ouest » du projet « Water Assessment » (Mott and Mac Donald et ORSTOM) s'étaient livrés à d'intéressantes investigations sur les meilleures méthodes d'évaluation rapide et fiable de la qualité des réseaux hydrologiques et de leurs données collectées. Nous les avons, pour l'essentiel, repris ci-dessous, pour que le lecteur comprenne les bases sur lesquelles ont été élaborées les évaluations et les critiques des chapitres qui vont suivre.

3.1 Principes de l'évaluation

3.1.1 Introduction générale

La définition de critères permettant une évaluation actualisée de la situation des réseaux de collecte et des systèmes de traitement de données a constitué un point clé de l'étude « Water Assessment » portant sur un grand nombre de pays. La situation des réseaux d'acquisition d'informations hydrologiques résulte d'une évolution ancienne, progressive et propre à chaque pays. L'utilisation d'une grille d'évaluation commune à tous les pays constitue certes un procédé sommaire pour une évaluation spécifique, mais l'utilisation d'un tel ensemble de critères objectifs n'en constitue pas moins une base acceptable pour une analyse générale des réseaux hydrologiques d'un vaste ensemble géographique.

La méthode la plus générale et objective pour l'évaluation des systèmes de données hydrologiques est décrite dans une publication conjointe de l'UNESCO et l'OMM, "*Evaluation des Activités de Ressources en Eau : Guide pour une Evaluation Nationale*" (1988). Ce document fournit une référence qui permet d'évaluer les réseaux de collecte et les systèmes de traitement par comparaison avec des normes mondiales, et par là même de mettre en évidence des zones géographiques où ces systèmes sont déficients ou redondants.

Si l'on considère que l'objectif de la présente étude (et celle du projet « Water Assessment ») est de s'assurer que les données adéquates seront bien disponibles pour la gestion des ressources en eau dans le futur, l'évaluation des systèmes de collecte et de traitement devrait être principalement guidée par les besoins spécifiques, actuels et futurs, de chaque pays et par la capacité des Etats à supporter les coûts humains et financiers de ces systèmes. Il est des cas où une évaluation globalisée à l'échelle nationale peut s'avérer inadaptée (par exemple, il peut y avoir dans un pays des zones où les besoins en données hydrologiques sont plus importants que dans d'autres, ce qui peut se traduire par une répartition non homogène des moyens de collecte et de traitement des données). Lorsque les ressources en eau sont partagées entre plusieurs pays, il serait souhaitable que l'évaluation des réseaux et des données disponibles soit faite à l'échelle du grand bassin hydrographique.

3.1.2 Les recommandations UNESCO-OMM

Ces recommandations avaient été élaborées à l'origine pour évaluer la capacité des réseaux hydrométriques à fournir les informations pour l'évaluation des ressources en eau, ce qui ne constitue qu'un aspect des nombreuses utilisations possibles pour des données hydrologiques. Néanmoins, c'est en général la connaissance des ressources en eau au niveau régional qui justifie la création d'un réseau hydrologique et la constitution d'une banque de données hydrologiques. Par conséquent, dans l'objectif d'une fourniture de données de ce type, l'évaluation des systèmes de collecte, de traitement et de stockage des données constitue un exercice qui reste recevable.

Néanmoins, cette méthode fournit une évaluation commode et objective des valeurs minimales acceptables dans les domaines suivants :

- activités à entreprendre,
- densité des réseaux,

- équipements existants,
- ateliers de maintenance des équipements,
- personnel,
- traitement et stockage des données.

Les seuils qui sont recommandés dans les domaines ci-dessus sont fonction du type climatique (aride ou humide), de la couverture géologique (sédimentaire ou non-sédimentaire) et du caractère tempéré ou tropical de la zone. Le système de classification adopté est élémentaire : deux types climatiques ont été définis, en fonction de la valeur du bilan entre l'évapotranspiration potentielle (EP) et la pluviométrie (P), calculé sur une base moyenne interannuelle. La terminologie n'est *a priori* pas très précise, puisque la catégorie « aride » caractérise les régions où la pluviométrie est inférieure à l'évaporation. Le paramètre « géologie » différencie les régions « sédimentaires » des régions « non sédimentaires ». Si le bouclier cristallin ancien est la formation géologique la plus répandue en Afrique de l'Ouest, les épaisses couvertures d'altérites qui recouvrent ces roches-mères confèrent à ces terrains des comportements hydrologiques bien différents de ceux que l'on prête habituellement aux roches non sédimentaires.

Le tableau 3.1 donne les seuils limites inférieurs recommandés, pour les éléments les plus importants de l'évaluation.

Tableau 3.1 : Niveaux d'activité minimum recommandés pour la collecte de données hydrologiques (d'après document UNESCO-OMM, 1988)

Climat Tropical				
Elément	Aride		Humide	
	S	N	S	N
Station hydrométrique surface sans enregistrement (nb. pour 10 ⁴ km ²)	1.2	2.4	12	24
Station hydrométrique surface avec enregistrement (nb. pour 10 ⁴ km ²)	0.6	1	1	1
Station de jaugeage (nb. pour 10 ⁴ km ²)	1	2	10	20
Station de débits solides (nb. pour 10 ⁴ km ²)	0.7	0.4	5	3
Station de qualité d'eau de surface (nb. pour 10 ⁴ km ²)	0.7	0.4	5	3
Moulinet (nombre pour 10 stations hydrométriques)	2	2	1	1
Installation pour l'étalonnage des moulinets (nombre pour 200 moulinets)	2	2	1	1
Atelier d'entretien et réparation de l'équipement hydrologique (nombre pour 200 stations pluviomètres)	2	2	1	1
Laboratoire de sédimentométrie (nombre pour 100 stations de sédimentologie)	5	5	3	3
Laboratoire pour la qualité de l'eau (nombre pour 100 stations de qualité de l'eau)	5	5	3	3
Equipe d'hydrologie de terrain (2 à 3 personnes) (nombre pour 10 stations de jaugeage)	2	2	1	1
Equipe spéciale - eaux de surface (3 à 4 personnes) (nb. pour 10 ⁵ km ²)	2	2	1	1
Personnel d'encadrement - eaux de surface (nombre pour 100 stations de jaugeage)	4	4	4	4

Note : S = sédimentaire ; N = Non sédimentaire

Les recommandations sont également d'une portée limitée pour l'évaluation de la situation dans les petits pays, plus particulièrement dans ceux qui sont constitués par des îles.

3.2 Compilation des inventaires

3.2.1 Inventaire des stations et des données

En plus de certains paramètres climatologiques, qui ne sont pas l'objet de cette évaluation, les rapports « Water Assessment » ont réalisé l'inventaires des données existantes pour les paramètres suivants :

- hauteurs d'eau et débits,
- jaugeages,

- débits solides (éventuellement),
- qualité des eaux (éventuellement).

Il était prévu que les données d'inventaire devaient comporter des informations sur la localisation de la station (rivière, bassin, latitude, longitude, altitude), sur le type d'équipement, sur les caractéristiques opérationnelles et sur la période pour laquelle des données étaient disponibles. Il n'a pas toujours été possible d'inclure toutes ces informations comme cela avait été prévu, soit qu'il était impossible de les obtenir dans le temps imparti, ou tout simplement parce que ces informations n'étaient pas disponibles dans les services nationaux visités.

Les données ont été recherchées dans les bases de données sur ordinateur compatible partout où cela était possible (banque ORSTOM de données HYDROM et banque AGRHYMET), mais cela n'a pu être fait que dans quelques services seulement. Les inventaires « officiels » des stations étaient trop souvent de valeur discutable, incomplets ou mis à jour trop rarement. La méthode la plus sûre pour obtenir les informations, plus particulièrement des indications sur la qualité des données, a consisté à compiler les dossiers de stations dans les salles d'archives, une tâche qui exigeait beaucoup de temps et qui n'a pu être menée à bien que lorsque le personnel de contrepartie était présent en quantité suffisante pour réaliser ce travail laborieux. Dans les autres cas, les informations ont été collationnées à partir de sorties informatiques imprimées et de publications, puis mises à jour et confrontées avec celles provenant d'autres sources comme des annuaires, des rapports d'ingénierie, des schémas de plans directeurs et divers dossiers détenus par les services nationaux.

Les inventaires des stations ont été édités dans les rapports de pays du projet « Water Assesment », mais nous avons repris dans les rapports régionaux le nombre total de stations par catégorie, résultats qui sont présentés dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 : Nombre de stations hydrométriques opérationnelles aux dates de passage des experts des rapports « Water Assessment » (1991 et 1992, ou 1988 et 1989, selon les pays)

Pays	Echelles	Limni-graphes	Stations de débits solides	Stations téléométriques	Stations de jaugeage	Sites de barrage
Mauntanie	0	1	0	1	0	0
Mali	65	24	0	24	49	?
Niger	42	9	0	9	28	0
Tchad	44	11	0	0	35	?
Sénégal	26	47	0	4	36	3
Gambie	9	16	0	0	3	0
Guinée Bissau	14	0	0	0	5	0
Burkina Faso	47	60	0	5	60	11
Cap Vert	0	8	0	0	6	0
Soudan	(130)	?	0	0	114	2
Ouganda	(20)	0	0	0	?	4
Djibouti	0	6	0	0	?	0
Somalie	0	0	0	0	0	0

Note : Nombre de stations opérationnelles au moment de la visite des consultants.
Dans ce tableau, le nombre des échelles n'inclut pas celles installées à côté des limnigraphes.

3.2.2 Listes Bibliographiques

Dans les rapports par pays du projet « Water Assessment », des listes bibliographiques ont été préparées pour chaque pays, qui comportent deux catégories de documents : ceux, spécifiques, collectés au cours des missions sur le terrain et utilisés pour réaliser ces études, et ceux, plus généraux, dont la pertinence et l'utilité dans le domaine des ressources en eau de cette région sont reconnues. Tous les documents de la seconde catégorie n'ont pas été retrouvés et analysés : certains étaient cités dans des documents qui ont effectivement été consultés et utilisés et ces références ont été reprises dans les listes bibliographiques. Un grand nombre de titres étaient communs aux deux catégories.

3.3 Identification des besoins en données

En préalable à l'évaluation d'un réseau de collecte de données hydrologiques, il faut savoir déterminer les utilisations prévues de ces données. Dans le rapport régional « Afrique de l'Ouest » du projet « Water Assessment », a été mise en évidence, pour quelques domaines d'utilisation des données hydrologiques, l'importance relative de ces données pour l'objectif de développement considéré. Il s'agit là d'une approche théorique, dont l'exhaustivité même peut rendre l'utilisation hasardeuse. Une approche plus pragmatique pour déterminer les besoins en données reviendrait à considérer les seuls projets de développement des ressources en eau dont la réalisation est la plus probable, et de déterminer le type de données requis pour la réalisation de ces projets. C'est cette approche qui a été adoptée dans l'évaluation du projet « Water Assessment ».

Pour le moment encore en Afrique, dans beaucoup de cas, les projets de développement des ressources en eau sont de dimension assez modeste pour ne pas justifier la réalisation d'une évaluation spécifique et détaillée de la ressource. Ils pourraient alors être traités par une évaluation régionalisée de la ressource, faisant idéalement appel à une méthode automatisée de spatialisation qui permettrait d'évaluer les débits sur les cours d'eau non jaugés. Malheureusement, les contraintes de la méthode sont rarement satisfaites par les bases de données hydrologiques, puisqu'elle requiert une densité de données ponctuelles suffisante pour représenter avec précision et fiabilité toute la gamme des types hydrologiques existant dans l'ensemble du pays, en particulier dans les zones de pénurie, ce qui n'est pratiquement jamais le cas en Afrique.

Une autre question d'actualité est la nécessité récemment apparue de baser l'évaluation de la demande à moyen et à long terme, sur des séries de données plus longues, et par conséquent celui de revoir dès maintenant les bases des programmes de collecte de données. En effet, le suivi des irrégularités et des dérives climatiques à long terme impose, à titre de référence, la poursuite des observations aux stations primaires, pour lesquelles on dispose déjà de séries longues, complètes et de qualité dans certains cas. Les conséquences désastreuses de la sécheresse dans les pays d'Afrique de l'Ouest ont déjà suffisamment mis en évidence l'importance des tendances dans les séries climatiques, pour que les thèses les plus récentes sur les conséquences régionales du phénomène du réchauffement global soient prises en considération. Enfin, des sites névralgiques, par exemple les sites majeurs pour la production hydro-électrique susceptibles d'être aménagés dans l'avenir, méritent aussi de faire l'objet d'équipements spécifiques pour la collecte de données.

Dans les principales vallées fluviales déjà aménagées, ou en passe de le devenir, les ouvrages de prélèvement et de stockage situés en amont des anciennes stations hydrométriques de référence ont d'ores et déjà une influence déterminante sur le régime des écoulements. Pour disposer de séries de données homogènes sur l'ensemble de la période d'observation des stations, toutes les modifications successives de ces aménagements ou de leur gestion doivent être répertoriées, et prises en compte pour recalculer des séries d'écoulement "naturels reconstitués". Cet effort indispensable a souvent été négligé, mais deviendra inévitable au fur et à mesure qu'augmentera la pression sur les ressources en eau.

Si l'on veut pouvoir contrôler que les approvisionnements en eau potable satisfont aux normes de l'OMS, identifier les polluants éventuels afin de s'en protéger, etc., les données portant sur la qualité de l'eau deviennent de plus en plus importantes. Ce sont pourtant ces données qui sont les plus rares, pour ne pas dire inexistantes, dans la plupart des pays d'Afrique.

De la même manière, les données de transport solides sont requises pour le suivi de l'érosion et l'évaluation des programmes de conservation des sols qui peuvent être réalisés. Mais, en dehors d'opérations ponctuelles, le plus souvent lors des études préalables à la construction de barrages, ces données ne sont pas collectées de manière systématique, et tous les efforts devront être faits pour que ce type de suivi soit réalisé de manière systématique.

L'explication de ces insuffisances est certainement que outre la collecte des données de terrain de qualité des eaux ou de transports solides, ces suivis exigent des équipements de laboratoire adéquats et un personnel qualifié, qui existent rarement.

3.4 Identification des lacunes dans les données

3.4.1 Lacunes temporelles

L'identification des lacunes d'observations temporelles dans les données hydrologiques est une tâche toujours fastidieuse, et parfois très ardue, compte tenu des caractéristiques des systèmes de traitement et de stockage des données effectivement utilisés dans les services de collecte de données de la région. Lors des enquêtes de terrain « Water Assessment », de nombreux services ont eu des difficultés à fournir des inventaires fiables pour un type déterminé de données, en particulier pour ce qui concernait l'inventaire précis des lacunes dans les fichiers.

La tendance est de n'avoir que des systèmes d'inventaire rudimentaires (généralement fondés sur des états édités) pour identifier les données disponibles. Il n'est pas rare que ces procédés sommaires conduisent à des évaluations trompeuses :

- Des données, portant sur la totalité d'un mois ou d'une année, peuvent être notées comme « incomplètes » ou « manquantes », alors que seules une ou deux valeurs journalières sont manquantes.
- Toutes les données peuvent ne pas être publiées, l'accent étant mis sur les stations de premier ordre seules publiées, alors que les données des stations secondaires et de celles observées sur de courtes périodes, quoique disponibles, sont ignorées.

Par contre, pour ce qui concerne les données hydrométriques codées dans le système HYDROM de l'ORSTOM, c'est à dire celles de la plupart des pays francophones au moins jusqu'à la fin des années 70 et parfois au delà de cette limite, le logiciel permet un inventaire des lacunes des débits au niveau annuel pour tout un pays (figure 3.1) et au niveau mensuel pour une station (figure 3.2) en différenciant les mois complets, incomplets (moins de trois valeurs manquantes), manquants et les cotes hors barème d'étalonnage.

Figure 3.1 : Exemple d'inventaire de fichiers avec le système HYDROM de l'ORSTOM : Inventaire des cotes instantanées à l'échelle annuelle

INVENTAIRE DES COTES INSTANTANÉES

Pays : BURKINA-FASO

Edition du 30/05/1991 à 08H44

CAPTEUR	1950	1960	1970	1980
1202700105-1	++++
1202700107-1	++
1202700110-1	++++	+++++
1202700113-1	++++	+++++
1202700116-1	++	+++++	+++++
1202700119-1	+++++	+++++	++
1202700122-1	++++
1202700205-1	+++++	+++++
1202700208-1	+++++	+++++
1202700211-1	+++++	+++++
1202700214-1	++	+++++	++
1202700217-1	++	++
1202700220-1	++	+++++
CAPTEUR	1950	1960	1970	1980

3.5.2 Contrôles de qualité élémentaires

Le premier test était une vérification préalable pour contrôler la crédibilité de l'information, faisant essentiellement appel au « bon sens hydrologique » des experts.

Ce niveau de contrôle peut être utilisé pour vérifier que certains résultats ne sont pas invraisemblables :

- Par exemple, dans l'analyse du tracé des courbes d'étalonnages sur les cours d'eau intermittents, on s'assure que les écoulements en saison sèche redescendent toujours bien à zéro et qu'il n'y a pas une valeur de débit associée à une cote à l'échelle correspondant au nouveau fond du lit.
- On vérifie aussi les forts débits, en corrélant les hauts niveaux d'eau et les forts débits calculés, pour s'assurer que les éventuels changements d'étalonnages en hautes eaux d'une année à l'autre restent bien crédibles.

3.5.3 Contrôles de qualité approfondis

Des contrôles plus détaillés ont été appliqués sur des échantillons de taille limitée, comportant généralement les données des stations primaires, mais pouvant également inclure des données de stations secondaires jugées importantes ou sur l'importance desquelles l'attention des experts du projet « Water Assessment » avait été attirée.

Pour ce qui est de l'hydrométrie, on peut dire que la qualité des données peut se juger *in fine* sur la qualité des débits calculés. La précision de la traduction des hauteurs en débits dépend en effet de plusieurs facteurs :

- la stabilité du contrôle hydraulique à la station,
- la gamme des débits jaugés,
- la fréquence des jaugeages par rapport à la stabilité du contrôle,
- la qualité du tracé de la courbe d'étalonnage.

Pour chaque pays, sur un échantillon de 5 à 10 stations, les experts du projet « Water Assessment » ont comparé les débits obtenus lors des jaugeages (supposés exacts) et les débits calculés à partir des hauteurs observées et de la courbe d'étalonnage. Le graphique débits jaugés/débits calculés met en évidence la qualité de l'étalonnage et l'erreur relative par rapport au débit jaugé permet d'apprécier la précision du tracé dans les différentes gammes de débits.

Les problèmes les plus courants concernent les stations où l'étalonnage n'est pas stable et sur lesquelles les services hydrologiques n'ont pas été en mesure d'effectuer des jaugeages en nombre suffisant pour tenir à jour le tarage de la station. Cette situation prévaut malheureusement dans la plupart des pays visités, où sont systématiquement utilisées des courbes d'étalonnage devenues au fil des années grossièrement erronées, parfois même par suite de changement du zéro des échelles non pris en compte. De plus, la difficulté à réaliser des jaugeages en hautes eaux dans beaucoup de rivières et de fleuves de la région a eu pour conséquences l'utilisation de courbes d'étalonnage largement extrapolées en dehors de la gamme des débits mesurés.

CHAPITRE 4

SITUATION DE LA COLLECTE DE DONNEES HYDROLOGIQUES DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS

4.1 Difficultés rencontrées par les Services Hydrologiques

4.1.1 Situation générale

Les rapports régionaux du projet « Water Assessment » avaient classé les résultats de cette évaluation en trois rubriques, qui font l'objet du présent chapitre et des chapitres suivants : la collecte des données, la gestion des données et les aspects institutionnels. A l'évidence, il s'agit des trois aspects d'une même question, à la fois pour des raisons budgétaires et des considérations techniques. Ainsi, le choix entre équipements mécaniques ou équipements électroniques a des conséquences directes sur le traitement des données et le niveau de la formation des personnels nécessaires. Ce devrait donc toujours être l'ensemble « collecte-traitement-institutions », qui devrait constamment être pris en compte dans toute évaluation.

Le présent chapitre, en grande partie extrait du rapport régional « Water Assessment » sur l'Afrique de l'Ouest, est consacré aux activités de terrain des services nationaux ou de certaines institutions ou projets à compétences régionales. On y trouvera d'une part l'identification des principaux dysfonctionnements dans le fonctionnement des services hydrologiques de la région, qui doivent faire l'objet d'améliorations, mais aussi l'amorce de propositions pour y remédier, notamment dans le cadre d'une collaboration régionale.

4.1.2 Difficultés ordinaires des Services Hydrologiques pour la collecte des données

En Afrique de l'Ouest, comme en Afrique de l'Est, la plupart des difficultés qui compromettent les performances des agences de collecte sont d'ordre institutionnel et administratif, plutôt que de nature strictement hydrologique. Si les problèmes hydrologiques existent effectivement, de façon générale, ils peuvent être considérés comme secondaires lorsqu'on les compare aux difficultés structurelles et organisationnelles. Les diverses agences, responsables de l'hydrométrie dans chacun des pays, sont aujourd'hui à des stades de développement très variables. La nature des activités exécutées de façon routinière diffèrent sensiblement d'une situation à une autre :

- dans certains pays, les activités hydrométriques sont encore balbutiantes et des agences hydrologiques spécifiques restent à créer,
- dans d'autres pays, on trouve des services hydrologiques avec une longue tradition et qui ont atteint un niveau de développement acceptable, bénéficiant souvent de l'assistance de programmes internationaux associés avec la lutte contre la sécheresse
- dans d'autres pays enfin, qui furent des gestionnaires de réseaux réputés, les guerres ou diverses calamités ont gravement compromis l'existence même des réseaux et de leurs mesures.

Le manque de ressources financières est une contrainte habituellement invoquée par les responsables de la plupart des services hydrologiques visités. En particulier, une réduction durable des financements s'est traduite par une diminution du nombre et de la qualité des personnels, et une pénurie dans le domaine des équipements et des moyens de transport. Dans ces conditions, il est parfois devenu impossible de faire fonctionner des réseaux conçus et implantés au cours de périodes passées moins austères. A l'heure actuelle, les financements ont été réduits au point que la plupart des services sont à peine capables de survivre, et très peu d'entre eux sont capables d'entretenir les réseaux existants.

Un problème largement répandu concerne l'achat et le renouvellement des équipements, autant que la maîtrise des compétences adéquates pour leur utilisation et leur réparation. Ces contraintes concernent les matériels informatiques et tous les composants de haute technologie, mais aussi et peut-être encore davantage les équipements anciens plus rustiques, pour lesquels le renouvellement des pièces détachées est souvent fort dispendieux, lorsque l'expérience et les compétences locales ne sont plus suffisantes pour maintenir des équipements en service.

La disponibilité en moyens de transport et en carburant constitue partout une contrainte sévère pour les activités de terrain. Ces difficultés proviennent d'un nombre insuffisant de véhicules autant que de leur vieillissement, du manque de crédits pour l'entretien et la réparation des véhicules et des bateaux utilisés pour faire les jaugeages, parfois aussi de l'utilisation à d'autres fins de moyens de transport qui devraient être réservés aux tournées de terrain.

Malgré les considérables efforts de formation réalisés depuis dix ans, notamment en Afrique de l'Ouest par l'EIER (Ouagadougou) et l'AGRHYMET (Niamey), les ressources humaines sont rarement suffisantes (surtout en termes de qualification) pour que les services puissent remplir correctement leur mission. Il faut dire que, hors projets internationaux (OMS-OCP), les niveaux salariaux sont rarement suffisamment attractifs pour retenir les élites formées. En général donc, les services hydrologiques sont insuffisamment développés et les qualifications des personnels souvent inadéquates en regard des objectifs. Dans la conjoncture économique actuelle le développement des structures administratives n'est pas de mise, et il est parfois difficile d'empêcher les personnels les plus qualifiés de migrer vers le secteur privé, où les conditions de travail et de salaire sont bien meilleures. La formation permanente des personnels techniques est essentielle, mais on doit noter qu'elle s'accompagne aussi de l'absence des personnels indispensables dans les services hydrologiques pendant les périodes de formation, qui ont souvent tendance à se succéder sans programmation effective, au gré des opportunités extérieures liées aux projets successifs.

Dans certains pays, le recrutement (ou le maintien en l'état) de corps d'observateurs de stations hydrométriques suffisamment consciencieux et de techniciens motivés pour les tournées sur les stations doit encore être considéré comme un objectif à atteindre et non comme une réalité tangible. L'augmentation des indemnités d'observations, l'amélioration des matériels de transport, le réajustement des indemnités de tournées et des salaires constitueraient des mesures déterminantes pour réduire tous ces problèmes, mais celles-ci ne sont pas toujours ni suffisantes, ni même possibles.

Certes, des projets régionaux, tels AGRHYMET ou OCP, ont créé momentanément des conditions très favorables dans beaucoup de pays de la zone OSS, au moins en Afrique de l'Ouest, en assumant une part importante des activités hydrométriques sur financements internationaux. Si ce type de support venait à disparaître, et n'était pas remplacé par des programmes alternatifs, il est à craindre que la totalité des suivis hydrométriques ne cesse rapidement dans certains pays, ou ne soit considérablement réduite dans beaucoup d'autres.

4.2 Situation de l'Hydrométrie

4.2.1 Etat des réseaux hydrologiques

Les tableaux 4.1 à 4.3, issus des données présentées dans les rapports régionaux du projet « Water Assessment » pour l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique de l'Est, présentent pays par pays les densités des stations hydrométriques existantes, comparées aux normes tirées des recommandations UNESCO/WMO présentées auparavant. Ces tableaux doivent être rapprochés de celui donnant le nombre total de stations dans le pays, présenté au chapitre précédent (tableau 3.2).

De façon générale, les réseaux hydrométriques opérationnels nationaux ont vu au cours des dernières années leur taille se réduire et les densités satisfont rarement aux normes. Les institutions responsables ont pourtant encore bien du mal à gérer ces réseaux réduits. Dans la plupart des pays la situation est critique et peut être parfois proche d'une cessation complète des activités. La situation spécifique à chaque pays de la zone OSS est décrite dans le rapport national correspondant du projet « Water Assessment », informations partiellement reprises dans la partie de l'annexe 1 du présent rapport, consacrée au pays. Les problèmes les plus fréquents pour la gestion des réseaux sont dus à des manques ou à des insuffisances dans les domaines suivants :

- financements,
- moyens de transport,
- personnel qualifié,
- équipements.

Comme on peut le constater dans les tableaux suivants, quasiment aucun des pays de la zone OSS n'a un réseau conforme aux recommandations. Certes la pertinence des normes, surtout en zone désertique, reste discutable, mais la diminution du nombre de stations ces dernières années est attestée, ce qui fait qu'une situation, qui serait déjà critique dans une phase de lancement des réseaux hydrologiques, est en fait la paupérisation d'une situation préalable déjà peu satisfaisante.

Tableau 4.1 : Densités des stations hydrométriques (échelles limnimétriques simples, sans enregistrement), selon normes UNESCO/OMM, 1988

Pays	Aride Sédimentaire	Aride Non-Sédimentaire	Humide Sédimentaire	Humide Non-Sédimentaire	Moyenne nationale
Normes OMM	1,2	2,4	12,0	24,0	
Mauritanie					0,3
Mali					1,4
Niger					0,4
Tchad					0,8
Sénégal					3,7
Gambie	5,3				5,3
Guinée Bissau					3,9
Burkina Faso					3,8
Cap Vert					0
Soudan					0,52
Ouganda					(1,0)
Djibouti					0
Somalie					0

Notes : Nombre de stations par 10^4 km² (les chiffres sont ceux indiqués dans les inventaires)

Tableau 4.2 : Densités des stations hydrographiques (avec enregistrement), selon normes UNESCO/OMM, 1988

Pays	Aride Sédimentaire	Aride Non-Sédimentaire	Humide Sédimentaire	Humide Non-Sédimentaire	Moyenne nationale
Normes OMM	0,6	1,0	1,0	1,0	
Mauritanie					0,45
Mali					0,4
Niger					0,07
Tchad					0,16
Sénégal					2,4
Gambie	11,5				11,5
Guinée Bissau					0,0
Burkina Faso					2,2
Cap Vert					20
Soudan					?
Ouganda					(0)
Djibouti					2,8
Somalie					0

Notes : Nombre de stations par 10^4 km² (les chiffres sont ceux indiqués dans les inventaires)

Comme on peut le constater dans les tableaux suivants, quasiment aucun des pays de la zone OSS n'a un réseau conforme aux recommandations. Certes la pertinence des normes, surtout en zone désertique, reste discutable, mais la diminution du nombre de stations ces dernières années est attestée, ce qui fait qu'une situation, qui serait déjà critique dans une phase de lancement des réseaux hydrologiques, est en fait la paupérisation d'une situation préalable déjà peu satisfaisante.

Tableau 4.1 : Densités des stations hydrométriques (échelles limnimétriques simples, sans enregistrement), selon normes UNESCO/OMM, 1988

Pays	Aride Sédimentaire	Aride Non-Sédimentaire	Humide Sédimentaire	Humide Non-Sédimentaire	Moyenne nationale
Normes OMM	1,2	2,4	12,0	24,0	
Mauritanie					0,3
Mali					1,4
Niger					0,4
Tchad					0,8
Sénégal					3,7
Gambie	5,3				5,3
Guinée Bissau					3,9
Burkina Faso					3,8
Cap Vert					0
Soudan					0,52
Ouganda					(1,0)
Djibouti					0
Somalie					0

Notes : Nombre de stations par 10⁴ km² (les chiffres sont ceux indiqués dans les inventaires)

Tableau 4.2 : Densités des stations hydrographiques (avec enregistrement), selon normes UNESCO/OMM, 1988

Pays	Aride Sédimentaire	Aride Non-Sédimentaire	Humide Sédimentaire	Humide Non-Sédimentaire	Moyenne nationale
Normes OMM	0,6	1,0	1,0	1,0	
Mauritanie					0,45
Mali					0,4
Niger					0,07
Tchad					0,16
Sénégal					2,4
Gambie	11,5				11,5
Guinée Bissau					0,0
Burkina Faso					2,2
Cap Vert					20
Soudan					?
Ouganda					(0)
Djibouti					2,8
Somalie					0

Notes : Nombre de stations par 10⁴ km² (les chiffres sont ceux indiqués dans les inventaires)

Tableau 4.3 : Densités des stations de mesure des débits, selon normes UNESCO/OMM, 1988

Pays	Aride Sédimentaire	Aride Non-Sédimentaire	Humide Sédimentaire	Humide Non-Sédimentaire	Moyenne nationale
Normes OMM	1,0	2,0	10,0	20,0	
Mauritanie					0,45
Mali					0,76
Niger					0,2
Tchad					0,6
Sénégal					1,9
Gambie	2,7				2,7
Guinée Bissau					1,4
Burkina Faso					2,2
Cap Vert					15
Soudan					0,55
Ouganda					(0)
Djibouti					(2,8)
Somalie					0

Notes : Nombre de stations par 10⁴ km² (les chiffres sont ceux indiqués dans les inventaires)

L'évaluation et la modification de la structure des réseaux hydrométriques est un processus qui préoccupe, de longue date, tous les Services nationaux de la région, mais récemment deux éléments nouveaux, les restrictions budgétaires générales et l'avènement de technologies plus modernes pour la collecte de données par les réseaux hydrologiques, ont rendu cette démarche nécessaire et urgente.

Dans la plupart des agences de collecte, les restrictions budgétaires ont donc entraîné une impressionnante réduction de la partie opérationnelle du réseau hydrologique, mais dans la plupart des pays il n'y a pas eu de réduction programmée des activités basée sur un examen contradictoire des priorités sur les stations à maintenir à tout prix. Certaines stations ont simplement cessé d'être opérationnelles parce qu'elle n'étaient plus visitées lors des tournées sur le terrain ou parce que les équipements de mesure se sont détériorés et n'ont pas été remis en état de marche par manque de crédits. Cette incapacité à prendre des mesures effectives et rationnelles pour affecter les maigres ressources encore disponibles à un réseau réduit aux stations principales, mais qui continuerait de fournir des données de qualité, a eu pour conséquence une dégradation générale de la qualité des données. C'est en particulier le cas pour les sites instables, où les campagnes périodiques de jaugeages n'étant plus assurées les données qui continuent à parvenir sont bien souvent grossièrement erronées.

Il faudrait donc que les services hydrologiques de collecte de données de la zone OSS révisent leur mission en considérant surtout le long terme, ce qui revient à élaborer des priorités dans leurs activités. Ces priorités doivent permettre d'identifier les domaines dans lesquels celles-ci pourraient être réduites (ou temporairement suspendues) si la rigueur budgétaire l'exige. Il apparaît là une différenciation en activités « primaires » et « secondaires ». Si le réseau de stations limnimétriques « primaires » était bien défini et si toutes les interventions de terrain requises pour gérer ce réseau étaient correctement programmées (campagnes de jaugeages, tournées d'entretien, renouvellement des équipements, etc), le service hydrologique national serait en mesure de déterminer la possibilité, la nature et l'ampleur de ses programmes « secondaires ». Le réseau « primaire » ainsi défini représente le meilleur compromis entre l'obligation de rester dans les limites budgétaires et celle de fournir des informations de qualité qui permettent encore de satisfaire l'essentiel des besoins du développement des ressources en eau dans le futur. Chaque rapport national réalisé dans le cadre du projet « Water Assessment » propose une révision du réseau existant afin de définir le « réseau minimal » autorisé par la situation financière de chaque pays. Des projets de rationalisation de ces réseaux, généralement dans le cadre de projets d'assistance externe, ont toujours aussi été proposés. Ils restent trop souvent d'actualité, pour ce que nous en savons aujourd'hui, faute de début de réalisation.

Hormis ces réseaux nationaux dont il a été jusqu'ici question, il existe (au moins en théorie) notamment en Afrique de l'Ouest plusieurs grands réseaux à la dimension régionale. Il y a maintenant plus de 10 ans, le Projet HYDRONIGER fut le pionnier en Afrique de l'Ouest (et dans le monde) en utilisant la collecte de données par stations automatiques et la télétransmission par le système satellitaire ARGOS pour un suivi hydrologique de 65 stations réparties dans 8 pays sur le bassin du fleuve Niger. Ce système comporte un centre de réception principal à Niamey et des centres de réception secondaires dans chaque pays membre du Projet. Ensuite, le programme OMS-OCP constitua un réseau de près de 100 stations télémétriques (certaines dans la zone OSS) qui transmettent leur données, toujours via le système ARGOS, aux deux centres récepteurs d'Odienné (Côte d'Ivoire) et de Lama-Kara (Togo). Sous les auspices de l'OMVS enfin, un petit réseau télémétrique d'une dizaine de stations utilisant les technologies les plus récentes a été installé en 1988 pour permettre dans un premier temps de générer une crue artificielle dans la basse vallée du fleuve Sénégal, avant de contribuer à la gestion en temps réel des barrages de Manantali et Diama.

Ces projets constituent une première illustration convaincante en Afrique de l'Ouest des possibilités de la télémétrie. Certains éléments de ces projets, concernant le montage institutionnel, la logistique et la gestion du personnel peuvent servir de modèle (ou de contre-exemple) aux services hydrologiques dans la conception de projets futurs, car avec une bonne gestion l'utilisation de technologies modernes peut permettre d'économiser en fonctionnement parfois bien plus que ce qui aura été investi en équipements.

4.2.2 Etat des équipements utilisés pour la collecte

Les stations hydrologiques limnigraphiques sont encore très fréquemment équipées par des limnimètres à enregistrement graphique. Les capteurs de niveau restent le plus souvent constitués de flotteur et l'inscription graphique se fait soit sur un tambour entraîné par un mouvement d'horlogerie de période de rotation hebdomadaire ou mensuelle, soit sur des platines à bandes de papier déroulantes avec une plus grande autonomie, qui peut atteindre plusieurs mois. Le risque de panne de ces enregistreurs est considérable, surtout en période humide d'hivernage. Mais des évolutions considérables sont récemment apparues dans le domaine des méthodes utilisées pour la collecte de données, aussi bien en ce qui concerne les capteurs de niveau d'eau, que pour le stockage et la télétransmission des données hydrologiques mesurées. Cela aura obligatoirement des conséquences considérables (c'est parfois déjà le cas) au niveau de la structure des réseaux et de leur mode de gestion.

Une description succincte de ces nouvelles technologies, utilisées par l'hydrométrie moderne, et de leurs implications éventuelles au niveau de la gestion des réseaux dans la zone de l'OSS, est présentée ci-après. L'annexe 2, où est présenté le projet WHYCOS, est une illustration des possibilités de ces nouvelles technologies en hydrologie, en ce qui concerne plus précisément le domaine de la télémétrie.

Les nouveaux capteurs en hydrométrie

Les capteurs hydrométriques ont toujours été l'élément le plus vulnérable d'une station automatique car ils sont généralement en contact direct avec la rivière, et sensibles à des aléas comme les fortes vitesses, ou le transport de sédiments ou de débris lors des fortes crues.

- Les capteurs à flotteurs, qui sont de loin les plus répandus, sont simples et en général fidèles et robustes. Si, dans certains sites, la construction de la gaine peut être difficile ou coûteuse, beaucoup de sites sont déjà équipés et il s'agit plus souvent de réaménager des sites existants que de bâtir du neuf. Ces systèmes à flotteurs peuvent être facilement couplés à un codeur numérique qui transforme l'information fournie par le flotteur (variation de longueur) en une forme numérique binaire acceptable par une station d'acquisition électronique ou une télétransmission.

- Les capteurs « à débit de bulles » sont relativement plus faciles à installer dans la rivière (simple canalisation en tuyau souple à enterrer), mais par contre la station d'acquisition est souvent beaucoup plus coûteuse, sa mise en oeuvre est complexe et le réglage de l'appareillage (notamment du débit de bulles) est très délicat, multipliant le risque de pannes. L'alimentation de l'ensemble, en général avec des bouteilles d'air comprimé, crée une contrainte supplémentaire parfois rédhibitoire. Cette filière technologique ancienne avait néanmoins été retenue pour le projet HYDRONIGER, et fut la principale cause de

pannes, surtout après le vieillissement du matériel et malgré la bonne qualification des personnels.

- Les capteurs piezo-résistifs, à compensation automatique de pression atmosphérique et de températures, sont apparus sur le marché récemment (moins d'une dizaine d'année). Il s'agit de capteurs dits « intelligents » qui codent et transmettent leurs informations sous forme numérique (et non plus analogiques), ce qui réduit considérablement les pertes éventuelles d'information, suite à des problèmes de « dérive électronique », et permet aussi d'interchanger les capteurs avec les stations d'acquisition sans nécessiter d'étalonnage particulier. Ils sont devenus fiables et robustes et sont aussi maintenant d'un coût abordable.

Quel que soit le choix technologique retenu, le capteur reste sans aucun doute l'élément le plus fragile de la « chaîne » d'acquisition de données que constitue une station hydrométrique automatique : or, la résistance d'une chaîne est toujours celle de son maillon le plus faible.

Les stations d'acquisition électroniques en hydrométrie

Avec l'apparition de stations automatiques électroniques adaptées aux besoins de l'hydrométrie, les données hydrométriques ne sont plus inscrites sur un support papier (ce qui supposait un dépouillement fastidieux et parfois délicat), mais sur des mémoires électroniques (EPROM ou EEPROM pour les plus stables), qui peuvent être lues directement par des ordinateurs. Cette filière élimine donc le problème du traitement des enregistrements graphiques qui est toujours une cause importante de retard dans la mise à disposition des résultats et trop souvent une source d'erreurs additionnelles introduites au cours du dépouillement manuels des graphiques. Cette évolution technologique est de toute façon inéluctable, car la fabrication d'enregistreurs graphiques fonctionnant à base de mécanique et d'horlogerie, comme toutes ces spéculations industrielles nécessitant une main d'oeuvre spécialisée abondante, sera de plus en plus coûteuse, alors que le prix des stations électroniques qui sont déjà disponibles, sous différents labels, devient sensiblement inférieur. La fiabilité de ces stations électroniques (en ce qui concerne au moins les modules d'acquisition et de mémorisation) est meilleure que celle d'une station mécanique graphique et on pourrait envisager de se passer d'un observateur permanent pour de telles stations, s'il ne fallait pas aussi dans bien des cas en conserver un pour garder la station et la protéger contre les vols ou les feux de brousse.

La télétransmission des données hydrométriques

Cette technologie permet de transmettre les informations numériques mises en forme et éventuellement aussi stockées dans les stations automatiques, vers des utilisateurs pouvant être fort éloignés des sites de mesure. Dans les pays développés, le vecteur habituel de télétransmission est souvent le téléphone, qui a l'avantage d'exister et d'être approprié aux distances en cause. Pour les états de la zone OSS, la télétransmission par ondes hertziennes relayées par satellite semble à l'évidence la mieux adaptée. La spécificité de cet ensemble de technologie est sa capacité à communiquer très rapidement des données collectées sur des sites dispersés vers un ou plusieurs sites de concentration des informations. Jusqu'à présent la transmission de données hydrologiques en Afrique de l'Ouest s'est faite par des systèmes satellitaires dédiés au suivi de l'environnement : système ARGOS embarqué sur les satellites à défilement TYROS de la NOAA (pour les réseaux HYDRONIGER, OMS/OCF, OMVS) et METEOSAT, du système mondial des satellites GOES, (pour des états extérieurs à la zone OSS : projet fleuve Congo-Oubangui, Réseau ENERCA Sanaga du Cameroun). Cette technologie satellitaire est évidemment la mieux adaptée pour un contrôle et un accès rapide et général à toute l'information hydrologique collectée au niveau régional. Une auto surveillance effective des conditions de fonctionnement du réseau et de la bonne marche de chaque station est ainsi assurée : cela peut permettre d'envoyer une équipe de terrain pour palier ces problèmes, si nécessaire, et élimine l'obligation des fréquentes visites de routine sur le terrain, pour changer les bandes et contrôler le fonctionnement des enregistreurs graphiques. Ainsi, la télémesure permet d'alléger certaines contraintes logistiques, qui déterminaient auparavant directement la structure et l'extension géographique des réseaux, et étaient une des principales causes de leur coût de fonctionnement élevé.

Implications sur la structure des réseaux hydrologiques

Lorsque les experts du projet « Water Assessment » les ont visités, la plupart des services hydrologiques ont déclaré souhaiter disposer de stations automatiques sur le réseau qu'ils exploitent, mais il serait difficilement justifiable, dans la plupart des cas, d'avoir un réseau entièrement télétransmis. Sur les très grands fleuves où les variations de niveau sont très lentes et lorsque les stations sont proches des centres de traitement, l'enregistrement sur le site, sans télétransmission mais avec stockage des données sur de nouveaux supports informatiques, peut rester une option tout à fait acceptable. D'autant que le traitement des données mémorisées par ces stations automatiques à mémoire ne devrait pas poser de difficultés aux services hydrologiques, qui disposent déjà, pour la plupart d'entre eux, d'un équipement informatique. Pour un service hydrologique se modernisant en adoptant la limnimétrie électronique, la conséquence directe la plus immédiate est la possibilité de réduire son personnel technique : observateurs, personnel de dépouillement et de saisie, ou de mieux s'adapter à des réductions de personnel imposées par ailleurs. Un autre avantage indéniable est de garantir un traitement plus rapide des données et donc aussi de leur mise à disposition.

Ainsi, la télétransmission peut être considérée comme un simple appoint à la collecte et au stockage des données sur mémoires électroniques dont elle permet l'autosurveillance, voire être mise en oeuvre seulement dans un stade ultérieur. Car, si la télétransmission est bien évidemment indispensable quand il faut disposer des données en temps réel ou dans des délais très rapides pour une utilisation opérationnelle comme la prévision des crues, des avantages très significatifs, comme le contrôle à distance du bon fonctionnement des stations, peuvent être retirés de cette technique même dans les cas où une collecte à périodicité mensuelle serait suffisante.

4.2.3 Qualités des jaugeages

Les débits sont généralement mesurés dans la zone des pays de l'OSS par la méthode traditionnelle de jaugeage au moulinet. Sur la plupart des rivières les jaugeages sont faits depuis des ponts (s'ils existent) ou en bateau ; les téléphériques de jaugeage sont rares. Dans certains pays, l'influence de la marée se faisant sentir loin à l'intérieur des terres, sur plus de 500 km dans le cas de Gambie, la mesure du débit propre est particulièrement délicate. En régions arides sahéliennes, les cours d'eau sont souvent intermittents, avec des temps de réponse très courts et des lits instables.

Pour toutes ces raisons, la mesure des débits de crue est difficile dans tous les cas.

Plus les sections sont instables, et plus ces mesures doivent être fréquentes. Cette option est bien la position officielle des services hydrologiques. Mais, avec la compression récente des financements et ses répercussions sur l'état des véhicules, le versement des indemnités de tournée et donc la motivation des personnels, les sorties sont généralement de plus en plus espacées, particulièrement sur les sites les plus éloignés de la base des hydrométristes. C'est là une constatation constante exprimée dans les rapports par pays des experts du projet « Water Assessment » pour l'Afrique de l'Ouest, comme pour l'Afrique de l'Est. Pour s'en convaincre, il n'est qu'à voir l'évolution du nombre et de la localisation des jaugeages au cours des deux dernières décennies. Dans ces conditions, la stabilité des étalonnages est le plus souvent acceptée comme une vérité implicite, pourtant très rarement fondée au vu du comportement antérieur de la station, ce qui se traduit par de véritables catastrophes lors de la transformation des hauteurs en débits.

L'entretien des équipements hydrométriques (matériels installés sur place dans les stations hydrologiques et matériels hydrométriques de tournée) pose aussi de sérieux problèmes :

- Limnigraphes et moulinets exigeraient bien souvent une remise à neuf avant utilisation.
- Le ré-étalonnage périodique des moulinets n'est que trop rarement sérieusement pris en compte (il n'y a pas de fait de possibilité d'étalonnage dans la région, les moulinets doivent être renvoyés chez le constructeur, l'entretien doit être payé en devises fortes et l'équipement fait alors défaut au service national pendant de longues périodes).
- En admettant qu'ils puissent être réparés, des problèmes du même type ont été identifiés à propos des embarcations, des treuils et des téléphériques de jaugeage.

Dans l'ensemble des pays de l'OSS, il n'y a pratiquement pas d'autre méthode que les jaugeages au moulinet hydrométrique qui soit utilisée actuellement pour la mesure des débits de crue. L'estimation des débits de pointe à partir des laisses de crue est pratiquement inusitée, quoiqu'elle soit à faible coût et bien souvent très performante pour les écoulements torrentiels sahéliens. En effet, comme

dans ces situations c'est souvent en très hautes eaux que les conditions de jaugeage au moulinet sont les plus difficiles, les jaugeages aux flotteurs, confortés par des calculs hydrauliques basés sur les laisses de crue, peuvent apporter des informations complémentaires susceptibles d'améliorer la précision des étalonnages et des débits calculés à la station correspondante. Les jaugeages chimiques enfin (qui font certes appel à des techniques élaborées nécessitant des laboratoires d'analyse) sont pratiquement inexistantes dans la zone des états de l'OSS, malgré leurs performances dans ces conditions climatiques.

4.2.4 Qualité des données hydrologiques

On sait que des banques de données hydrologiques fiables résultent d'abord d'un bon travail de collecte sur le terrain, suivi de traitements performants. L'évaluation de la qualité des données hydrologiques de base constitue un préalable à toute étude des ressources. Mais si, par exemple, il n'y a plus de jaugeages effectués depuis un certain temps sur un fleuve ou si le nombre en est insuffisant, il n'est plus possible d'estimer la précision des débits calculés sur ce fleuve pendant cette même période, puisque l'on ne dispose pas de données directes sur les débits (que fourniraient des jaugeages réguliers) indépendantes de la chaîne hydrométrique : mesure de hauteur d'eau - transposition hauteur/débit, etc... Ce cas est celui malheureusement de bien des pays de la zone des états de l'OSS, dont les services hydrologiques vivent actuellement repliés sur leurs bases, en général dans la capitale de l'état, incapables d'organiser des tournées de terrain. Dans un tel contexte, il est donc parfois impossible de procéder à une analyse sérieuse et objective de la qualité des données, faute d'une connaissance effective de la « vraie » donnée.

Dans les rapports par pays du projet « Water Assessment », les évaluations de la qualité des données, souvent fondées sur des critères seulement subjectifs, ont mis en évidence des résultats douteux, sans que l'on puisse toujours dire si ces doutes sont imputables à la phase de la collecte ou à celle de traitement.

Pire même, on peut avoir des doutes sur la capacité de la plupart des services de maintenir ces piètres niveaux actuels de qualité, compte tenu de la paupérisation persistante de leurs moyens.

Par ailleurs, le traitement des données à l'intérieur des services hydrologiques est presque partout en phase de transition : avec la baisse des coûts des systèmes informatiques, les matériels et les méthodes sont en évolution constante et sont dorénavant accessibles. Parfois les changements sont progressifs, en fonction de la disponibilité d'ordinateurs fournis par les programmes d'assistance et de coopération, et l'on peut alors supposer que le personnel a le temps de se former aux nouvelles techniques, la formation étant une constante heureuse de ces programmes. Mais il existe aussi des cas où l'informatisation d'un service hydrologique a été trop rapidement (ou mal) faite, et que, à l'issue du programme, la chaîne de traitement informatique n'est pas opérationnelle, alors même que la chaîne de traitement manuelle est elle aussi déjà tombée en désuétude.

Enfin, un traitement adéquat des données hydrologiques est un travail minutieux qui doit faire appel au sens d'hydrologues chevronnés, qui ne sont pas toujours disponibles dans les implantations existantes.

4.3 Transports solides et qualité des eaux de surface

Le suivi des transports solides et de la qualité des eaux dans les cours d'eau présente des difficultés techniques très importantes, surtout dans des régimes pluviométriques très contrastés des états de la zone OSS.

Ces difficultés sont principalement liées à :

- L'obligation de disposer de laboratoires pour traiter les échantillons d'eau.
- La variabilité dans le temps de la charge solide, très rapidement variable au début de la saison des pluies
- La nécessité de mesurer le transport de fond, en plus des transports par suspension.
- La complexité de l'interprétation qui est nécessaire pour aboutir à des résultats utilisables par les aménageurs.

En fait très peu de pays de la zone OSS essaient de maintenir un réseau permanent pour le suivi des transports solides et les données existantes ont été le plus souvent collectées à l'occasion d'études ponctuelles réalisées pour des objectifs spécifiques et localisés.

Les réseaux destinés au suivi de la qualité des eaux de surfaces sont aussi fort peu développés dans toute la région des états de l'OSS. La plupart des pays ne sont pas en mesure d'assurer un suivi de la qualité de l'eau dans l'environnement pour limiter les prélèvements abusifs ou pour surveiller les sources potentielles de pollution et esquisser des programmes pour remédier à la situation. A ce jour, les sites où sont effectués des suivis réguliers de la qualité de l'eau correspondent à des installations d'alimentation en eau potable et ont pour objectifs le contrôle de la qualité de l'eau fournie aux usagers.

Les difficultés à monter des laboratoires d'analyse de la qualité de l'eau et assurer leur bon fonctionnement sont comparables à celles évoquées à propos des transports solides, avec des contraintes encore plus fortes quant à la qualité du service que doit fournir ce type de laboratoire.

4.4 Importance d'une « Coopération Régionale » pour la collecte des données hydrologiques

Il existe certes un grand nombre de collaborations régionales pour la collecte de données hydrologiques, qui se sont le plus souvent organisées sur la base d'un grand bassin de rivière ou de lac. Tous ces projets collectent en général ces données avec des objectifs immédiats à caractère opérationnel : gestion de réservoir pour l'OMVS, prévision de crue pour HYDRONIGER, épandage d'insecticide pour OMS-OCP, etc. Tous ces projets ont en commun l'utilisation de la télémétrie par le système ARGOS et les équipements de collecte sont standardisés à l'intérieur de chaque projet, et l'histoire et l'ORSTOM ont fait que ces équipements soient tous compatibles en Afrique de l'Ouest tout au moins.

Il y a plus de dix ans, HYDRONIGER était un projet pionnier en introduisant la télétransmission par satellite des hauteurs d'eau collectées par 65 stations automatiques dans 8 pays d'Afrique de l'Ouest équipés chacun d'une station de réception directe. Les leçons tirées de certaines difficultés techniques de ce projet, concernant plus particulièrement les capteurs et les stations d'acquisition, ont été précieuses pour la conception des systèmes plus modernes qui sont aujourd'hui en service dans d'autres parties de la région sur les réseaux OMS-OCP et OMVS.

La formation est également un domaine qui se prête bien aux collaborations internationales dans un contexte régional. Le CIEH a favorisé l'implantation de deux écoles de formation à Ouagadougou, l'EIER pour les ingénieurs et l'ETSHER pour les techniciens. Des formations sont également accessibles au centre AGRHYMET de Niamey. Ces approches communes dans le cadre de programmes de formation partagés, ouvrent des perspectives très intéressantes pour la définition de procédures dont l'application permettrait d'harmoniser les méthodes de collecte, ce qui faciliterait grandement les échanges de données.

CHAPITRE 5

SITUATION DE LA GESTION DES DONNEES HYDROLOGIQUES DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS

5.1 Logiciels utilisés par les services hydrologiques pour la gestion des données hydrologiques

5.1.1 Considérations et situations générales

Lors du passage des experts du projet « Water Assessment », les services hydrologiques des états de la zone OSS étaient, pour la plupart, dans une période de transition en matière de gestion de données, passant de systèmes de traitement essentiellement manuels à des systèmes informatisés. Cette situation ne paraît pas avoir considérablement évoluée depuis et, si les services en sont aujourd'hui parvenus à des stades différents dans ce processus selon les pays, on peut toujours considérer qu'aucune agence n'est totalement dépourvue d'ordinateurs, mais qu'aucune non plus ne gère un système complètement informatisé réellement satisfaisant et parfaitement opérationnel.

Dans le domaine de l'hydrologie, *a fortiori* « tropicale », la gestion des données comprend un ensemble d'activités très diverses qui vont au-delà du concept classique de traitement de données. Selon le niveau de modernisation des services, cette chaîne peut aller, depuis la tenue des bordereaux par les observateurs sur le terrain, jusqu'à la gestion des données par un système informatique central, en incluant la saisie, le stockage, le traitement informatique, l'accès aux informations et la publication des données ou de résultats plus élaborés. Dans certains cas, le système peut être complètement automatisé (au moins en théorie) lorsque la télétransmission est utilisée pour alimenter directement les fichiers magnétiques, comme ce pourrait être le cas pour les données du fleuve Sénégal à l'OMVS.

Une bonne gestion des données est l'aune à laquelle on juge, *in fine*, l'efficacité d'un service hydrologique. De façon générale, on peut supposer que cette gestion devrait s'améliorer avec l'utilisation des ordinateurs. Mais cette condition est loin d'être suffisante, comme le prouvent aussi de nombreux contre-exemples dans certains des états de la région OSS.

Depuis ces dernières années, les services hydrologiques nationaux ont été lourdement handicapés pour la gestion de leurs données par des contraintes financières. L'expérience récente montre que les organisations régionales, susceptibles, sinon de les suppléer, mais tout au moins de les épauler dans cette tâche entre d'autres, ne sont en règle très générale pas dans un état plus florissant. Partout, les problèmes sont légion et peuvent être attribués à un certain nombre de causes parmi lesquelles on retiendra :

- L'inadaptation et la lourdeur des structures administratives.
- Le développement sans réelle coordination de systèmes de gestion différents, qui introduit des domaines d'incompatibilité ou de redondance.
- L'inadéquation des qualifications des personnels et l'insuffisance chronique des moyens.
- L'insuffisance des réflexions préalables au choix des systèmes de stockage de l'information.
- Des installations matérielles souvent très sommaires (défaut d'énergie électrique en permanence ou de climatisation).
- Une animation et un contrôle technique inadéquats.
- Le manque de suivi et de maintenance des logiciels.

L'implantation dans un service hydrologique d'une chaîne de traitement informatisée des données hydrologiques constitue une opportunité, pour évaluer et améliorer l'ensemble des procédures utilisées, dont ces mêmes services n'ont généralement pas su profiter.

Tableau 5.1 : Etat actuel du traitement informatique des données hydrologiques dans les états de l'OSS

Pays	Logiciels
Mauritanie	HYDROM
Mali	HYDROM
Niger	HYDROM
Tchad	HYDROM, DIXLOIS
Sénégal	HYDROM
Gambie	HYDROM
G. Bissau	HYDROM
Burkina Faso	BILTU, HYROM
Cap-Vert	HYDROM, GS06
Soudan	?
Ouganda	HYDATA?
Djibouti	HYDROM
Somalie	-

Ces dernières années, des avancées majeures dans la gestion des données météorologiques et hydrologiques dans les états de la zone OSS ont été rendues possibles par l'introduction de logiciels de traitement de données sur l'environnement, comme le système CLICOM de l'OMM pour les données météorologiques et climatologiques et le système HYDROM de l'ORSTOM pour les données hydrologiques. Le tableau 5.1 donne l'état des systèmes de traitement de données utilisés par les services hydrologiques nationaux. Ces similitudes, surtout en Afrique de l'Ouest, constituent certainement une condition favorable pour améliorer les échanges de données entre les états et être le support d'une diffusion des données plus efficace. Toutefois, ces logiciels sont encore trop souvent mal utilisés dans certains pays, pour des raisons diverses, parmi lesquelles on trouve de mauvaises configurations du matériel informatique, le manque de formation des techniciens ou l'absence de motivation des responsables.

Dans les pays anglophones les méthodes de gestion des données hydrométriques sont largement inspirées par des conseils et des normes émises dans les années 60 par l'USGS, avec des aménagements mineurs pour s'adapter aux contextes locaux. Ces procédures ont généralement été développées pour être gérées par des "initiés" très qualifiés et peu nombreux, avec pour résultat une gestion des données très centralisée.

Dans les pays francophones, les principes de base pour les mesures de terrain et le traitement des données ont été établis par l'ORSTOM, lorsqu'il était responsable de la gestion de la plupart des réseaux hydrologiques d'Afrique de l'Ouest qu'il avait de plus le plus souvent créés. Si la collecte et les mesures de terrain ont été très exceptionnellement déconcentrées (cas du Burkina avec une brigade à Bobo Dioulasso et évolution dans ce sens au Sénégal), les traitements étaient toujours centralisés dans la capitale, au début parce que c'était là que se trouvait la logistique indispensable (dessinateurs, dactylos, systèmes de reproduction "Ronéo", etc.), puis plus tard, parce que les traitements étaient faits sur de gros ordinateurs qui n'existaient que dans la capitale. Jusqu'ici, la décentralisation effective des saisies et des traitements de base n'a commencé à être mise en oeuvre que dans certains pays en dehors de la zone OSS, mais l'arrivée sur le marché de micro ordinateurs robustes et peu coûteux devrait être un facteur déterminant de ce changement.

5.1.2 Traitement des données brutes

En hydrométrie classique, les données brutes (hauteurs d'eau lues aux échelles limnimétriques) sont le plus souvent envoyées par la voie postale au service central de traitement sous la forme de formulaires mensuels. Sur le site même de la station hydrométrique, les observateurs conservent généralement dans un carnet à souches une copie au carbone des données expédiées. Cette souche peut être utilisée pour des contrôles croisés ou pour remplacer l'original si celui-ci venait à s'égarer. Les tournées sur le terrain sont d'abord faites pour changer les diagrammes des limnigraphes enregistreurs, mais parfois aussi pour collecter les bulletins des observateurs. A l'arrivée au centre de traitement, l'existence de chaque bulletin est notée dans un registre, ce qui permet de détecter rapidement les stations pour lesquelles l'information n'a pas été reçue.

D'autres méthodes plus modernes de collecte incluent la transmission des informations par postes radios ou, quand les conditions le permettent, par téléphone et très récemment par fax, ce qui permet de réduire considérablement les délais entre les observations et les traitements, mais demeure très rare dans les pays de la zone de l'OSS. Les systèmes de télémesure qui permettent de transférer directement les informations dans des fichiers informatiques fonctionnent sur les bassins du Sénégal et du Niger, ainsi que dans les pays membres du programme OMS-OCP, mais sont rarement effectivement accessibles aux services hydrologiques eux-mêmes en routine.

5.1.3 Gestion des données récoltées

D'une manière très générale, les conclusions des expertises réalisées dans le cadre du projet « Water Assessment » étaient que l'organisation du traitement pouvait partout être largement améliorée. Beaucoup de pays de la zone OSS ont des données anciennes accumulées en attente de traitement et/ou d'informatisation et il y a des retards très importants entre la réception des données et la fin des traitements. Dans certains cas ce sont des années entières, souvent les plus récentes, qui n'ont pas été traitées. Ces problèmes et ces retards sont si considérables, qu'ils ne disparaîtront certainement pas avec l'informatisation et peuvent se maintenir dans la mesure où leurs causes sont souvent structurelles.

Un changement de systèmes matériels ou logiciels requiert parfois de ressaisir les données dans un format compatible, ce qui prend beaucoup de temps et comporte le risque d'introduire des erreurs au moment de cette saisie. La plupart des Services sont absorbés par le traitement des données nouvelles et sont dans l'incapacité de traiter les données historiques sans assistance externe.

Il est enfin de plus en plus admis que le traitement de données hydrologiques requiert la participation active d'hydrologues connaissant bien les sites de mesures. Ceci revient à dire que les bureaux hydrologiques décentralisés, où les techniciens hydrologues sont affectés, devraient être complètement impliqués dans le traitement des données, ce qui est encore trop rarement le cas. A l'origine, l'arrivée de l'ordinateur s'est traduite par une centralisation des traitements dans un service informatique spécialisé où les personnels n'avaient pas d'expérience pratique d'hydrologie. Il a déjà été dit que l'avènement de micro-ordinateurs bon marché et robustes devrait permettre une décentralisation de ces activités, et une implication plus entière des hommes de terrain.

5.1.4 Procédures de contrôle de qualité

Le contrôle de qualité des données hydrologiques devrait commencer par des visites régulières des sites de mesure (accompagnées de jaugeages de contrôle systématiques), l'étalonnage périodique des instruments et tous les contrôles techniques de ce type. Ces pratiques sont rares dans les services hydrologiques de la zone OSS, plus souvent par manque de moyens que par défaut de perception de l'importance de telles procédures. La formation des observateurs et le contrôle de leurs méthodes de travail étant des domaines presque jamais pris en considération, cela revient à dire qu'en fait les contrôles de qualité ne commencent effectivement qu'au moment de l'arrivée des données au siège des services hydrologiques, ce qui est bien souvent déjà beaucoup trop tard.

A la réception des données il est en général procédé à un premier contrôle visuel sommaire pour déceler les valeurs aberrantes, les erreurs de codification et les erreurs grossières. Dans de rares cas, un contrôle croisé avec les données d'une station voisine peut être effectué. En cas de doute, la procédure habituelle est de demander à l'observateur des compléments d'information, par courrier ou directement à l'occasion de la prochaine visite sur le terrain. Mais la plupart des services ne disposent pas de personnels assez nombreux pour contrôler les données au moment de leur arrivée au bureau, ni des véhicules pour faire ces tournées de contrôle sur le terrain, et lorsque des erreurs sont détectées il est bien souvent trop tard pour y apporter un quelconque remède.

Après leur réception, les données sont soit recopiées sur des formulaires standards ou sur un livre-journal, soit saisies à l'ordinateur. Cette étape donne souvent lieu à de premiers traitements élémentaires : calcul de moyennes arithmétiques, sélection de valeurs extrêmes (maximum, minimum) ou autres analyses du même type. Il a été vérifié que dans certains Services, il n'y a aucun contrôle de cette opération de copie. Les traitements ultérieurs, comme la conversion des hauteurs d'eau en débits, sont le plus souvent différés jusqu'à ce que l'on dispose des données d'une année entière. Les procédures de contrôle de qualité à ce stade sont extrêmement variables d'un service à l'autre. Le plus généralement, il s'agit d'un examen sommaire des sorties d'imprimantes. Beaucoup

plus rarement dans les états de la zone OSS, des procédures de contrôle objectives sont utilisées, comme les doubles cumuls ou des régressions avec des données de stations voisines.

Même lorsque la majeure partie du traitement est faite par ordinateur, les procédures de contrôle restent rares, soit que les logiciels utilisés ne permettent pas de faire des contrôles de qualité sur l'information générée, soit que les modules de contrôle existant ne soient pas maîtrisés par les utilisateurs.

5.1.5 Archivage et extraction des données

La diversité des modes de stockage des données historiques ou actuelles est à l'image de celle des traitements, informatiques ou non, passés ou existants dans la région. Pour l'évaluation faite par le projet « Water Assessment », il était nécessaire de disposer d'échantillons de données, accompagnés d'informations adéquates sur la structure et sur le format des fichiers. Ces informations, lorsqu'elles ont pu être fournies, constituaient un indicateur de la réalité des procédures qui étaient actuellement utilisées dans les services hydrologiques.

Si dans certains rares états de la zone OSS il a été effectivement possible de récupérer des données sur disquettes lors des missions sur le terrain, le support le plus fréquent des données détenues par la plupart des services hydrologiques visités, même récemment informatisés, restent des documents sur papier, registres manuscrits ou feuilles volantes dans des chemises. Dans les rares services ayant plusieurs années d'expérience authentiques en informatique, les listings récents constituaient la manière la plus aisée pour récupérer des données. Cette option n'a pas été possible dans les services récemment informatisés, qui n'avaient pas généralement pas suffisamment de données dans leurs fichiers magnétiques, faute d'avoir véritablement engagée la procédure de saisie rétrospective des données. Dans un certain nombre de cas, la photocopie de listings produits par des gros systèmes informatiques, aujourd'hui disparus, restait la seule option possible pour récupérer des informations.

Un des aspects les plus décevants sur les conditions de stockage et de recherche des données dans les systèmes utilisés est apparu lorsqu'on désirait avoir l'inventaire des données disponibles et qu'il s'est trop souvent avéré qu'il n'y avait pas de moyen simple d'éditer un état des informations existantes pour une station donnée (excepté dans le cas exceptionnel de services dotés d'une banque hydrologique HYDROM à jour). De façon générale, les utilisateurs sont beaucoup mieux familiarisés avec les modules de traitement des logiciels (par exemple, calcul des débits), qu'avec les modules de gestion (inventaire, organisation des répertoires, sauvegardes, etc.).

Actuellement les méthodes de diffusion des données généralement utilisées sont la photocopie ou la distribution des annuaires imprimés, généralement de périodicité annuelle en hydrologie. Ces annuaires ayant une propension à être rapidement épuisés, surtout pour les années anciennes, la diffusion des données est parfois faite sous forme de photocopies de pages d'annuaires.

Un point très préoccupant est la vulnérabilité des données à des destruction accidentelles, comme le feu, les dégâts des eaux, les termites, la vente des originaux comme vieux papiers ou autres risques du même type, ce qui est malheureusement et souvent vérifié dans bien des états à la faveur de déménagements ou de troubles politiques majeurs. Des expériences de sauvegarde des données sur micro-fiches ou autres supports ont déjà été réalisées, malheureusement pour le moment encore surtout pour les données climatologiques et pluviométriques. Le rassemblement des données hydrologiques par le CIEH ou AGRHYMET ne consiste en fait qu'en un double de la banque de données HYDROM de l'ORSTOM, qui n'a pas été systématiquement mise à jour pour tous les pays, tant s'en faut, après 1980. Elle est pourtant encore certainement la meilleure « sauvegarde » des données des services hydrologiques nationaux, surtout lorsqu'ils ont continué l'envoi de leurs données.

5.2 Procédures d'archivage et de traitement dans l'avenir

5.2.1 Contraintes essentielles

Dans l'avenir, les systèmes de traitement feront obligatoirement largement appel à l'informatique. Ils devraient satisfaire à un certain nombre de contraintes, dont les caractéristiques principales (que l'on est en droit d'exiger de la part de tels systèmes) sont les suivantes :

- **Fiabilité** : il doit y avoir des systèmes de sauvegarde tels qu'un accident grave (panne d'unité centrale, feu, etc.) ne puisse détruire complètement les données, et que les fonctions de base du système puissent continuer à fonctionner dans un environnement diminué.
- **Rapidité** : les données doivent pouvoir être traitées sans délais et être disponibles dans des délais ne dépassant pas quelques mois après la mesure.
- **Souplesse de mise en oeuvre** : le système doit pouvoir s'adapter aux structures administratives et institutionnelles locales et être bien accepté pour favoriser des développements ultérieurs.
- **Facilité d'utilisation** : le système doit pouvoir fonctionner avec un petit nombre de personnes et être facile à prendre en main pour pouvoir être utilisé par un personnel fréquemment renouvelé.
- **Implication des hommes de terrain** : le système doit être conçu de telle façon que les hydrométristes et les hydrologues n'appartenant pas à l'unité informatique puissent s'impliquer dans le processus en y apportant leur connaissance et en exerçant le contrôle.
- **Contrôle de qualité** : un ensemble puissant de procédures de contrôle doit être inclus dans la chaîne de traitement.
- **Recherche facile des données** : l'information doit être organisée de manière à faciliter la recherche et l'extraction de données en fonction de critères variés, par exemple toutes les données d'une station, toutes les stations d'une année, le catalogue des données disponibles pour une région, etc.
- **Suivi et maintenance** : le système doit s'accompagner d'une assistance aux utilisateurs efficace, durable et facile à obtenir. Le logiciel doit être régulièrement mis à jour, pour corriger les défauts qui apparaissent à l'utilisation, développer des modules compatibles avec les nouveaux matériels (par exemple les imprimantes laser remplacent les traceurs à plumes, la résolution graphique des écrans s'améliore, les données sur mémoires électroniques remplacent les enregistrements graphiques, etc.), écrire des versions multilingues, éditer des supports de formations et des notes techniques.

5.2.2 Evolution future prévisible

L'apparition de nouveaux systèmes de traitement dans les services hydrométriques sera immanquablement liée à l'achat de matériels de traitement et de logiciels et cette introduction se fera dans le contexte d'un projet sur financements extérieurs. Mais une banque de données et son système d'exploitation sont plus que la simple juxtaposition d'un ordinateur et d'un logiciel et toutes les procédures de contrôle, la gestion des entrées-sorties du système, celle des fichiers de sauvegarde et toutes les fonctionnalités du même type doivent être prises en considération.

Le changement de matériel et de système de traitement constitue une opportunité intéressante pour une redéfinition du système de gestion des données, particulièrement si cette expertise préalable des matériels et logiciels est considérée comme une composante du projet. Mais il faut rester conscient qu'il y a des risques majeurs à introduire des modifications brutales aux systèmes de traitement et qu'il faut soigneusement tenir compte des capacités limitées des observateurs et des hydrométristes pour maîtriser rapidement les nouvelles procédures. Une formation à long terme et une mise en application progressive des nouvelles méthodes sont des conditions indispensables. Dans la mesure du possible, il est également souhaitable que le nouveau système ressemble à l'ancien pour tous ceux qui ne sont pas impliqués directement et de très près dans le traitement de données.

5.3 Gestion informatisée des données

5.3.1 Commentaires préalables

Lors des passages des experts du projet « Water Assessment », la gestion informatisée des données existait déjà dans beaucoup de services hydrologiques de la zone OSS, mais l'informatisation totale

restait un objectif qui n'était encore atteint nulle part. Les principales caractéristiques attendues d'un système de gestion de données hydrologiques sont :

- La facilité d'accès aux données.
- La souplesse pour l'extraction d'un échantillon particulier.
- La rapidité des traitements.

Pour que soit perçue comme un succès la reconversion d'une gestion manuelle des données vers une gestion informatisée, elle doit aboutir à une amélioration de la situation préexistante. Un service hydrologique bien dirigé et bien géré et du personnel bien formé sont les conditions préalables indispensables de cette réussite, que les traitements soient faits à la main ou par ordinateur. Lorsque les structures de traitements manuels préexistantes sont débordées, ou mal administrées, il ne suffira pas, en aucun cas, d'introduire des ordinateurs pour résoudre tous les problèmes. La situation peut bien au contraire s'aggraver encore avec une tentative d'informatisation mal conduite, particulièrement si l'on ne se préoccupe pas immédiatement des conditions de la sauvegarde à long terme des données anciennes ou nouvelles.

Le fait est que l'utilisation des ordinateurs n'est pas encore banalisée dans beaucoup de pays d'Afrique de l'Ouest et de l'Est, en dehors de certains domaines économiques (secteur bancaire, assurances, etc.) ou administratifs (secteurs financiers, impôts, etc.). De ce fait, certaines difficultés sont inéluctables lorsqu'on introduit l'informatique dans des services de l'administration de ces états, à commencer par les services hydrologiques, difficultés habituellement non prises en compte dans des pays où l'ordinateur est devenu un élément ordinaire du cadre de travail. Tout utilisateur potentiel d'ordinateur en Afrique de l'Ouest doit être capable *a priori* de résoudre par lui-même tous les incidents imputables aux matériels et aux logiciels. L'assistance téléphonique des constructeurs et les services après vente sont quasi inexistantes ou fortement aléatoires dans la région et tous les traitements peuvent être complètement interrompus dans un service durant de longs mois, par suite d'incidents techniques mineurs, faute de pièces détachées ou d'assistance réseau. Certes, avec l'augmentation du nombre des ordinateurs, les supports techniques et les possibilités de maintenance vont se développer sans doute dans quelques pays, ce qui améliorera beaucoup les conditions de la gestion informatisée des données.

5.3.2 Gestion informatisée des données hydrologiques

Alors que le secteur voisin de la météorologie a bénéficié du support de l'OMM, à travers notamment l'AGRHYMET, les services d'hydrologie de surface n'ont plus souvent été encadrés par la coopération bilatérale, après une phase de renforcement assistée elle aussi par l'OMM au cours de la période 1973-1985. On a pu constater sur le tableau 5.1 qu'un progiciel, HYDROM, développé par l'ORSTOM, est utilisé dans un grand nombre de pays d'Afrique de l'Ouest, où son adoption fut accompagnée d'un bon nombre de stages de formation délivrés en Afrique à des occasions diverses (CIEH, AGRHYMET, coopération bilatérale) ou en France à Montpellier. Cette répartition correspond à la zone d'application de l'aide française et il est peu probable que ce logiciel soit adopté par les pays non francophones (notamment en Afrique de l'Est, malgré aussi l'organisation de stages sous l'égide OMM - Nairobi 1994). On notera toutefois que la Gambie, qui participe au projet AGRHYMET, dispose aussi de ce système, ainsi que plus récemment D'Jibouti. HYDROM est un logiciel parmi d'autres, qui ont été développés en général par des organismes de recherches en Europe (par exemple, HYDATA par l'Institut d'Hydrologie de Wallingford - UK). Pour autant, l'utilisation de plusieurs systèmes différents dans la région ne devrait pas compromettre les échanges de données entre pays et entre projets, car des modules d'échanges de données en ASCII sont généralement inclus dans tous ces logiciels.

Nous avons également déjà vu qu'il existe aussi dans la région des agences nationales et des projets régionaux qui pratiquent la collecte sur stations automatiques couplées avec la transmission de données par satellite et qui peuvent par conséquent importer directement les données dans les logiciels précités. Ceci a l'avantage d'éliminer (ou tout au moins de fortement réduire) la phase manuelle du traitement des données (saisie, dépouillement des enregistrements graphiques, etc.). Dans de telles conditions, les retards de traitement des données devraient pouvoir être considérablement réduits et un risque potentiel d'erreur pourrait ainsi disparaître.

Avec dorénavant l'existence d'ordinateurs robustes et bon marché et le développement de logiciels encore plus conviviaux (comme HYDROM 3), qui possèdent toutes les fonctionnalités de base comme la saisie, les contrôles, le dépouillement des jaugeages, l'établissement des étalonnages, le

stockage des données, etc., en même temps qu'une manipulation plus aisée, il deviendra possible de décentraliser certains éléments de la gestion des données, qui pourront alors être assurés dans les services provinciaux.

5.3.3 Recommandations générales

On peut caractériser la situation de la gestion informatisée des données hydrologiques dans la région de l'OSS par un certain nombre de commentaires qui résumeront ce diagnostic :

- L'assistance pour tout ce qui touche au matériel informatique reste à un niveau très bas et constitue un véritable problème dans le plus grand nombre d'états, malgré la robustesse des équipements récents.
- Les matériels sont en général choisis par les donateurs et ne tiennent pas forcément compte des équipements déjà existants et des concessionnaires existant dans la région, susceptibles d'effectuer la maintenance sur site.
- Les traitements informatiques sont en général très centralisés et assurés au siège national des services par un petit nombre d'agents qualifiés : le traitement des données est donc souvent fort éloigné de leurs sites d'acquisition et réalisé par des personnel différents.
- Le taux de renouvellement du personnel est trop élevé dans certains services hydrologiques parce qu'il y a une « fuite » importante des personnels formés (les compétences informatique sont très recherchées) et des personnels nouveaux doivent être formés fréquemment.
- Les contrôles de qualité sont pratiqués avec une attention très variable : il y a des bases de données sur lesquelles aucun contrôle post-saisie n'a jamais été fait, ce qui constitue une lacune grave. En effet, une tendance fréquemment rencontrée revient à considérer comme bonne n'importe quelle donnée qui soit obtenue par une chaîne informatique !
- Lorsque l'assistance technique a été maintenue suffisamment longtemps dans le cadre d'un projet particulier, les résultats sont le plus souvent relativement acceptables. Mais lorsque ce soutien à long terme n'a pas été assuré, le cas le plus fréquent est de voir le personnel n'utiliser qu'une très faible partie des potentialités de ces systèmes. Dans le domaine connexe de la météorologie, c'est le cas de beaucoup d'installations de CLICOM, dont aucune chaîne complètes n'était opérationnelle dans aucun des pays visités en Afrique de l'Ouest par les experts du projet « Water Assessment ».
- Certains services avaient commencé, grâce à des aides extérieures, le traitement informatique de leur données à l'époque des gros ordinateurs, soit en faisant réaliser d'une façon ou d'une autre ces traitements en Europe, soit en utilisant les premiers ordinateurs installés dans les Ministères des Finances (ou dans les Centres Nationaux de Calcul installés au milieu de la décennie 70). Ils n'ont pas été capables de transférer seuls ces données sur des systèmes à base de micro ordinateurs et se sont vu parfois même contraints de refaire une saisie de toutes leurs données, avec tous les risques d'erreurs et de retards que cela comporte.
- Dans de nombreux cas, le traitement informatisé des données collectées à l'heure actuelle est en général satisfaisant (surtout lorsqu'il est mis en oeuvre depuis peu, mais il y a de notables exceptions). Par contre, le traitement des données anciennes (et donc leur récupération avant qu'elles ne disparaissent et la mise à jour des banques de données) est une tâche généralement au-dessus des moyens existant dans les services hydrologiques, qu'il s'agisse du nombre d'agents formés nécessaires ou d'équipements informatiques. Les seules opérations d'envergure de constitution de banques informatisées relativement exhaustives ont été faites par l'assistance extérieure : pour les pays du CIEH, c'est le cas de la saisie et du traitement des données pluviométriques journalières anciennes (jusqu'en 1980) réalisés par l'ORSTOM, ainsi que la disponibilité de la banque de données hydrologique historique d'Afrique de l'Ouest (jusqu'à 1980 environ).
- Il n'est pas certain que l'importance vitale de la sauvegarde à long terme des données ait été partout perçue et que les mesures appropriées aient été prises pour cela. Les technologies évoluent, certains médias deviennent obsolètes, les supports magnétiques se dégradent avec le temps, et les bandes magnétiques remise par l'ORSTOM au début des années 80 au CIEH, à l'AGRHYMET, au projet HYDRONIGER, voire à certain états, ne sont probablement plus lisibles, si elles existent encore.

Par dessus tout, les traitements informatisés exigent le respect d'une gestion plus scrupuleuse, plus attentive et plus technique que les procédures manuelles qu'ils sont réputés remplacer. L'activité

peut-être la plus fondamentale de cette gestion devrait être la sauvegarde routinière des données, accompagnée d'un inventaire périodique des fichiers pour s'assurer qu'il n'y a pas de perte de données. Cela suppose aussi l'approvisionnement permanent en fournitures consommables, la planification d'une maintenance préventive, l'amélioration continue des matériels et des logiciels, tout en maintenant la continuité et la compatibilité des systèmes tour à tour mis en oeuvre. La gestion du personnel garantissant à tous moment un nombre suffisant d'opérateurs compétents pour faire tourner le système, la supervision de leur travail par des ingénieurs hydrologues connaissant le terrain, pour être certain que les contrôles de qualité ont bien été faits, sont autant de contraintes incontournables d'un service hydrologique désireux de sauvegarder à long terme ses données hydrologiques et leur qualité. Le non respect de l'une quelconque de ces règles met en danger la sauvegarde des données à long terme.

5.4 Publication et diffusion des données

5.4.1 Pratiques passées et actuelles

Le système traditionnel de publication et de diffusion des données reposait en Afrique de l'Ouest sur les annuaires hydrologiques, dans lesquels on pouvait trouver un récapitulatif annuel des données journalières des hauteurs d'eau et des débits pour la plupart des stations fiables. Une liste des jaugeages réalisés au cours de l'année et des compilations statistiques et comparatives des données de l'année avec celles des années passées figuraient en général aussi dans les meilleurs annuaires. Cette méthode est toujours en vogue dans les services hydrologiques de la région, mais la charge de travail pour confectionner de tels documents est lourde, ce qui entraîne des retards considérables dans les publications, retards qui atteignent partout plusieurs années.

Cette solution de l'annuaire annuel permettait d'effectuer une distribution assez large et les informations pouvaient être consultées facilement en plusieurs lieux à la fois, avec pour conséquence des demandes directes aux services hydrologiques moins fréquentes, qui pouvaient ainsi concentrer leurs activités sur l'obligation d'avoir rapidement terminé le traitement de l'ensemble des données avant publication.

Mais la méthode avait aussi des revers : les utilisateurs étaient souvent conduits à considérer que les données publiées étaient forcément justes et précises et ne devaient plus être remises en question. Ce dernier aspect peut avoir des conséquences graves : les données sont facilement accessibles pour des utilisateurs sans connaissances hydrologiques particulières, qui peuvent les utiliser sans avoir discuté de leurs limitations avec les services hydrologiques et sans avoir la moindre notion de l'incertitude énorme avec laquelle les débits peuvent être calculés.

Aujourd'hui, dans la plupart des cas et faute d'annuaires hydrologiques à jour, les données sont diffusées au coup par coup, en général en réponse à des demandes ponctuelles, le plus souvent sous la forme de photocopies de documents anciens précédemment édités ou de documents manuscrits. Les demandes externes restent peu nombreuses car les utilisateurs de données appartiennent généralement au même ministère ou au même département que la structure qui réalise la collecte. Lorsque une banque de données informatiques existe, même si elle est limitée aux années récentes, les sorties informatiques sont de plus en plus utilisées, soit le plus souvent sous forme d'états imprimés, soit sous forme de disquette, mais ceci reste exceptionnel et limité au cas de services hydrologiques particulièrement dynamiques, qui existent à quelques trop rares exemplaires dans la zone des états de l'OSS.

5.4.2 Tendances et développements futurs

L'ordinateur va bien évidemment dans un futur immédiat jouer un rôle essentiel pour la diffusion des données, avec la possibilité d'extraire facilement les informations d'une banque et de les éditer rapidement. Seuls, les services hydrologiques, qui sauront accomplir et maîtriser leur informatisation, seront dans le proche avenir capables de maintenir leur capacité à répondre à leurs missions, malgré la paupérisation prévisible de leurs effectifs. Si le système de gestion est conçu correctement et maîtrisé par un personnel bien formé, même réduit, si les équipements sont disponibles en quantité et en qualité suffisantes, les sorties sur papier seront probablement pour quelque temps encore une forme de présentation des données satisfaisante pour beaucoup d'utilisateurs. Dans les états les plus développés, l'utilisation de la disquette, permettant une fourniture dans une forme directement utilisable pour des traitements d'ingénierie ultérieurs, va se développer. Mais ceci pourrait

s'accompagner de difficultés au niveau de la compatibilité si les mesures de coordination appropriées ne sont pas prises entre les différents projets, ou si les logiciels choisis ne sont pas suffisamment versatils, pour ce qui est des formats de restitution des données de bases.

Ceci ne veut pas dire que la publication de données imprimées (et particulièrement des annuaires annuels ou de synthèses et monographies hydrologiques) doit être stoppée. On admet généralement que la publication sur papier assure une bonne promotion des données disponibles, qu'elle permet d'informer les responsables politiques et économiques des conditions de leur obtention et donnent à un plus large public les éléments clés pour la connaissance hydrologique. On peut prévoir que le format de ces nouvelles publications, permises rapidement par les nouveaux logiciels de gestion des banques de données hydrologiques, se présentera sous la forme d'un rapport annuel, où l'on pourra trouver des éléments tels que :

- Des compilations limitées aux données de base sur les stations les plus importantes, dans une présentation semblable à celle des annuaires de la période actuelle.
- Des sommaires de données d'autres stations, non publiées mais disponibles sur support informatique par exemple.
- Des informations sur les conditions de diffusion et de cession de ces données non publiées.
- La présentation de certains résultats de recherches appliquées, d'analyses de données et de toutes études réalisées durant l'année écoulée.

Ces publications devront être disponibles aussi vite que possible après la fin de l'année, dans des délais toujours inférieurs à 12 mois, et beaucoup plus rarement encore si des besoins immédiats existent. Ainsi les services hydrologiques nationaux pourraient être à même de remplacer sur place les bureaux d'études extérieurs et de valoriser eux-mêmes, à tous les sens du terme, leurs propres données hydrologiques.

Cette formule, qui permet de conserver le caractère promotionnel avantageux de l'annuaire (qui est en quelque sorte aussi le « rapport technique d'activité » du service hydrologique), mettrait à disposition des utilisateurs un document plus informatif, qui aurait été pourtant plus rapide à réaliser. Tous les utilisateurs potentiels, souhaitant disposer d'informations plus détaillées, viendraient alors consulter le service hydrologique, ce qui permettrait aux responsables de la collecte et du traitement de donner un avis sur la valeur des données en fonction de l'utilisation prévue.

CHAPITRE 6

ASPECTS INSTITUTIONNELS DE L'HYDROMETRIE DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS

6.1 Introduction générale

Dans ce chapitre, il a été tenté de tirer des conclusions aussi générales que possible sur les conditions du fonctionnement des services hydrologiques, compte tenu de leur situation institutionnelle, telle qu'elle prévaut dans les différents états de la zone OSS. Les renseignements recueillis lors des missions d'évaluation que conduisirent les experts du projet « Water Assessment » constituent la base d'informations sur lesquelles ce constat a été fait. Certes la situation institutionnelle des services hydrologiques varie parfois considérablement en Afrique de l'Ouest d'un pays à un autre (et d'une année à l'autre lors des changements fréquents, gouvernementaux ou institutionnels). En Afrique de l'Est, les situations institutionnelles paraissent encore plus diverses. Il est néanmoins possible de généraliser la plupart des commentaires faits par le rapport régional Afrique de l'Ouest de l'étude précitée, à l'ensemble de la zone OSS.

Une constatation générale, qui prévaut à l'Ouest comme à l'Est, est que les états, dont les services hydrologiques sont très souvent exsangues, ne peuvent pas même s'appuyer sur des organisations régionales, dont l'état de santé est souvent encore pire, lui qui est directement lié à la conjoncture économique défavorable qui prévaut en Afrique depuis la dernière décennie : le devenir du CIEH ou d'HYDRONIGER en sont des exemples marquants. Lorsque les financements disponibles sont limités, la collecte de données hydrologiques bénéficie souvent d'une priorité très faible, aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle régionale et le développement de ces structures, ou plutôt leur rétablissement au niveau décent nécessaire suppose que les financements soient augmentés et surtout assurés régulièrement.

6.2 Justification financière de la collecte de données hydrologiques

Les consignes de restriction budgétaires périodiquement imposées par les gouvernements au cours des dernières décennies, exacerbés encore par la récente dévaluation du Franc CFA, ont désigné les services de collecte de données hydrologiques comme une cible privilégiée, car les gouvernements ne saisissent pas toujours leur intérêt immédiat pour le développement. Non seulement les budgets sont peu importants en général, mais sont aussi extrêmement variables d'une année à l'autre. Il y a alors des incertitudes considérables pour savoir si les financements nécessaires pour l'achat, l'entretien et la réparation des équipements et le fonctionnement des services seront réellement disponibles en temps utiles. Les problèmes économiques récents généralisés dans toute la région OSS, avec les coupes sombres qui en ont résulté dans les budgets, sont la première cause de la récession des services hydrologiques et des dégradations très conséquentes des réseaux de collecte de données hydrologiques.

Une nouvelle jouvence de ces réseaux ne pourra s'envisager sans une augmentation préalable des budgets suivie d'un retour et d'un maintien à un niveau décent, permettant d'abord de remettre à niveau tout l'équipement (instruments de collecte de données sur les stations, véhicules de tournée, équipement informatique de traitement des données). Mais cet effort initial indispensable resterait vain s'il n'était pas assuré d'une certaine pérennité des financements sur une période d'au moins 10 ans, qui garantisse le fonctionnement des services (maintenance et renouvellement programmé des matériels, carburants pour les tournées, indemnités des observateurs et per-diem des techniciens).

La seule manière de convaincre les gouvernements de la nécessité et de l'intérêt d'octroyer des budgets plus importants est de leur fournir les preuves de retours économiques induits par l'existence de données hydrologiques de bonne qualité et, *a contrario*, des risques à concevoir des projets sans données hydrologiques suffisantes. Le rapport régional Afrique de l'Ouest du projet « Water Assessment » fait état d'un certain nombre d'études faites ces dernières années, (OMM, 1990) pour évaluer le prix et conférer une valeur à la collecte des données en hydrologie de surface, ou pour établir des normes fixant le nombre de stations nécessaires. L'ouvrage de l'UNESCO/OMM

« Evaluation des ressources en eau - Evaluation au niveau national » représente une de ces tentatives d'évaluation comparée des réseaux nationaux à partir de normes pertinentes à l'échelle mondiale.

Au plan théorique tout au moins, la première étape pour justifier financièrement une collecte de données hydrologiques serait d'évaluer l'investissement initial et toutes les dépenses d'entretien et de fonctionnement indispensables à la mise en oeuvre d'un projet de développement des ressources en eau, *ex nihilo*, lorsque ne sont pas disponibles les données hydrologiques essentielles. La deuxième étape serait l'évaluation des économies réalisées sur le projet, si ces données hydrologiques pré-existaient. Il est ainsi possible de calculer les coûts additionnels engagés si l'information fait défaut ou n'est pas disponible avec une précision et une fiabilité suffisantes.

Un exemple cité par le rapport régional Afrique de l'Ouest du projet "Water Assessment" présente la répartition des dépenses annuelles en Australie pour les réalisations dans lesquelles les données hydrologiques sont utilisées au stade de la conception. Le rapport bénéfices/coûts ou *facteur d'économie* (rapport entre les économies réalisées et le coût du projet), calculé pour chaque type de projet, montre clairement l'importance des données hydrologiques. Le bénéfice moyen a été estimé à 6,3 % des coûts totaux. Il est certain que lorsque la méthode est transposée à d'autres pays, notamment en Afrique, dans des conditions climatiques, politiques et économiques différentes et dans lesquels la pondération entre les divers types de projets est modifiée, le *facteur d'économie* peut changer.

Dans l'étude « Water Assessment » conduite parallèlement par le bureau d'études Mott MacDonald pour les pays SADD, une version simplifiée de la méthode utilisée dans les travaux australiens cités, a été utilisée pour estimer les rapports bénéfices/coûts des activités hydrométriques dans chaque pays. Les résultats ne donnent que des ordres de grandeur, mais les rapports bénéfices/coûts des pays africains de l'Est étaient en général significativement plus élevés que ceux de l'Australie. Ceci est prévisible dans la mesure où, dans les pays SADD, les budgets actuellement consacrés à l'hydrométrie sont faibles par suite de la récession économique qui sévit comme dans les pays d'Afrique de l'Ouest et parce que toute amélioration significative de la quantité ou de la qualité des données hydrologiques disponibles a des conséquences immédiates dans un secteur de développement où elles sont absolument nécessaires.

Les résultats fournis par ce type d'analyse, même si ils sont toujours discutables, compte tenu de l'incertitude des paramètres pris en compte, confirment le point de vue général des praticiens des problèmes de ressources en eau en Afrique de l'Ouest : les financements consacrés à l'hydrométrie devraient être augmentés et surtout pérennisés, et les rapports bénéfices/coûts dans les pays d'Afrique de l'Ouest sont certainement du même ordre de grandeur que ceux obtenus pour les pays SADD.

On sait par ailleurs que dans les pays d'Afrique de l'Ouest, les efforts de collecte de données hydrologiques sont souvent considérablement renforcés à l'occasion d'études de projets, ce qui a des conséquences importantes pour les services hydrologiques nationaux, quant au budget alloué à la collecte de données hydrologiques. Ces attributions budgétaires se font souvent par à coup : certes, pendant la durée du projet, les services hydrologiques peuvent trouver des avantages sous forme d'assistance technique, de programmes de formation et de financements fléchés, mais à plus long terme ces projets ont souvent aussi des effets pervers. A l'issue d'un projet, il est souvent recommandé de poursuivre les observations sur les sites du projet pour recueillir des données supplémentaires, bien que les moyens additionnels nécessaires soient rarement donnés au service hydrologique qui va être chargé de cette mission. Dans ces conditions, on aboutit finalement souvent à un résultat contradictoire qui fait qu'un soutien extérieur conduit à privilégier certaines stations de valeur secondaire, au préjudice des stations principales du réseau qui ne sont plus assez souvent visitées, voire au pire abandonnées. Il se trouve aussi que les responsables du réseau hydrologique peuvent parfois trouver plus d'intérêt à ces études spécifiques, au détriment de la mission fondamentale d'une collecte continue et à long terme sur un réseau de stations bien représentatives de l'ensemble des conditions hydrologiques du pays, qui constitue pourtant leur mission principale et la justification de leur existence..

En résumé, il est utile de rappeler les principales raisons qui font que de telles données, collectées sur un réseau hydrométrique pérenne, sont indispensables :

- La connaissance statistique des principaux paramètres hydrologiques (modules, crues et étiages) nécessite l'ajustement de lois de distributions sur des séries longues et fiables.
- Ces séries hydrologiques fournies par les réseaux permettent d'appréhender les manifestations hydrologiques des événements extrêmes de pluies, crues et sécheresses.
- Les effets provoqués par un changement de la couverture végétale ou de l'utilisation des sols sont observables dans les séries hydrologiques de longue durée.
- Seules de longues périodes d'observations hydrologiques autorisent de suivre et d'évaluer les changements climatiques à long terme.

En conclusion, il faut insister sur le fait que des données collectées à l'occasion d'études spécifiques de courte durée ne peuvent en aucun cas remplacer celles fournies par un réseau de base. Par conséquent, ces données à cours terme ne doivent être considérées que comme des compléments à celles fournies par ces réseaux et ne doivent jamais leur être préférées, en terme de moyens humains ou financiers.

6.3 Services hydrologiques nationaux

6.3.1 Définition d'un service hydrologique « modèle »

Les projets d'évaluation de la qualité des services hydrologiques nationaux débouchent tous sur des propositions pour améliorer la qualité des services existants, voire proposer la création de nouveaux services. Le fait que les bassins hydrologiques transcendent souvent les frontières conduit souvent à proposer ces améliorations ou ces créations dans un cadre régional. D'ailleurs l'existence ou le renouveau d'agences régionales de collecte de données hydrologiques dans la région des pays de l'OSS devrait apparaître comme une opportunité pour améliorer les services hydrologiques nationaux et les faire progresser autant que faire se peut vers une structure de service hydrologique modèle.

Parmi les qualités d'un tel service hydrologique idéal, on devrait trouver :

- Au plan des personnels, le service hydrologique doit faire preuve d'un fonctionnement dynamique et être susceptible d'assumer et de piloter son propre rajeunissement à travers une restructuration tenant compte des nouvelles conditions politiques, économiques et technologiques. Les jeunes recrutés y bénéficieraient d'une formation interne permanente et de l'expérience accumulée par les anciens. Ils seraient mis suffisamment rapidement aux postes de responsabilité pour ne pas perdre leur enthousiasme.
- Au plan de la constitution du réseau hydrométrique, ce dernier doit être suffisamment dense, pour permettre l'estimation du comportement hydrologique en un point quelconque du pays, avec une précision acceptable, grâce à la production de données fiables et précises.
- Au plan de la diffusion des données, celles-ci doivent être facilement accessibles pour les utilisateurs extérieurs au service.
- Il peut être utile que soit présent dans le service hydrologique un noyau permanent d'hydrologues impliqués dans l'ingénierie et la recherche appliquée, ayant des liens permanents avec les universités et les organisations internationales, capable de constituer un pôle d'hydrologie reconnu au niveau national.

Ces recommandations pourraient paraître à certains disproportionnées avec l'état actuel des services hydrologiques dans la plupart des pays de la zone OSS, mais elles paraissent pourtant incontournables, parce que les seules susceptibles de garantir à long terme la qualité de services hydrologiques nationaux qui ne vieillissent pas trop vite et qui assurent la production et la collecte de longue séries hydrométriques.

6.3.2 Contexte institutionnel

Dans les états de la zone OSS, en Afrique de l'Ouest comme en Afrique de l'Est, la plupart des services hydrologiques relèvent de structures gouvernementales relevant du contrôle direct des ministères techniques et régies par les règlements et les usages de la fonction publique. Cette situation est très régulièrement un facteur limitant pour le développement des services hydrologiques

qui ont tous les inconvénients de la structure publique (lourdeur administrative, faiblesse des budgets et retard dans leur mise en place, difficultés de recrutement, etc.).

Dans tous ces pays, les difficultés mêmes de la conduite des collectes de données hydrométriques conduisent à recommander une configuration plus souple qui pourrait être celle d'un statut de société d'économie mixte, qui serait sans doute mieux en mesure de trouver sur le marché national des personnels compétents et de les retenir en leur proposant des évolutions de carrière plus motivantes. La question de l'origine des financements reste entière, même si il apparaît qu'un financement de l'état reste la plupart du temps indispensable, car il est difficile d'imaginer, dans le contexte africain que les utilisateurs de la ressource en eau puissent à eux seuls financer la collecte de données hydrologiques. Dans le cas de sociétés d'économie mixte, leur dépendance indirecte vis à vis des ministères techniques leur permettrait sans doute de disposer de financements plus constants que dans la situation actuelle où leur position de direction technique interne à un ministère leur ote beaucoup de latitude pour faire par exemple état du sort financier déplorable qui est souvent le leur. De par son caractère indirect, les financements seraient plus sûrs à court terme, mais resteraient aléatoires et vulnérables aux difficultés économiques à moyen et à long terme.

Lors de leurs visites, les experts du projet « Water Assessment » indiquent qu'ils ont rencontré, dans la plupart des agences de la région, des structures de gestion fondées sur une hiérarchie pesante et rigide, avec pour conséquence première le manque de motivation et d'enthousiasme du personnel junior. On peut penser là encore que les méthodes modernes de gestion, plus faciles à mettre en oeuvre dans une société d'économie mixte, auraient pour effets d'accroître rapidement la productivité des personnels débutants.

Dans plusieurs pays enfin, au moment des visites des membres des missions « Water Assessment », la réorganisation du secteur eau ou de l'hydrologie venait d'être faite, était en cours ou en projet. Cette situation a rendu encore plus difficile l'évaluation hydrologique, notamment lorsqu'il s'est agi d'identifier les structures responsables effectivement de la collecte des données, puis de proposer des projets destinés à améliorer ou à renforcer les activités hydrologiques. De plus on a déjà écrit que ces réorganisations coïncident souvent avec des pertes de données anciennes.

6.3.3 Equipements

Dans la plupart des pays, le renouvellement des équipements : matériel de collecte de données aux stations hydrométriques et matériel informatique, est généralement lié aux projets d'assistance, qui se succèdent sans toujours la plus élémentaire coordination, d'autant qu'ils sont de plus en plus souvent le fait d'une aide bilatérale, sous la forme de dons. Ces pratiques courantes présentent à l'évidence un certain nombre d'inconvénients qu'ont bien identifiés les experts :

- Des matériels de différentes marques se succèdent habituellement, qui ne sont le plus souvent ni cohérents, ni même compatibles, ce qui a aussi pour conséquence la multiplication des compétences requises pour leur utilisation et leur maintenance.
- Dans de trop nombreux projets, les conditions pour la maintenance et la fourniture de pièces de rechange sont insuffisamment prises en compte.
- Les aides bilatérales imposent parfois des matériels qui ne tiennent pas compte des matériels préexistants et sont parfois même inadaptés au contexte local.

Dans le futur, on peut souhaiter que toutes les aides, y compris les aides bilatérales, tiennent un plus grand compte des possibilités locales de remise en état du matériel et des parcs existants. Pour cela il faudrait que sans doute sous l'égide de projets régionaux et des grandes agences internationales habilitées (Banque Mondiale et surtout OMM et UNESCO) un certain nombre d'orientations fermes soient enfin prises et respectées :

- Il s'agit de définir les spécifications minimales auxquelles doivent répondre les matériels de collecte de données et de traitement informatique de ces données.
- Il faudrait inciter les fournisseurs à avoir des représentants, dans les états ou au moins à l'échelle régionale, qui pourraient être aussi des sites de formation à la maintenance de ces matériels. Lors des commandes, une véritable formation à l'utilisation de ces matériels devrait être prévue.

- Enfin tous les projets devraient réserver des financements notables pour l'achat de pièces détachées et pour l'intervention sur site des techniciens de maintenance chargés du dépannage, si nécessaire.

6.3.4 Moyens de déplacement

Les activités hydrologiques dépendent en premier lieu de l'aptitude des services hydrologiques à déplacer sur le terrain leur personnel et la logistique indispensable. Pratiquement dans tous les services hydrologiques visités par les experts du projet « Water Assessment », les moyens de transport étaient le point le plus faible, et en tout cas le plus sensible, de toute la chaîne hydrométrique. Dans le passé, le véhicule de terrain traditionnel était de type 4x4 « Land Rover » ou plus récemment Toyota ou Nissan, coûteux à l'achat et à l'utilisation. L'existence de pick-up meilleur marché et une amélioration générale du réseau routier (au moins dans certaines parties de certains pays) permettront d'envisager dans l'avenir une baisse des coûts des déplacements.

En conséquence, des économies potentielles très importantes peuvent être faites au niveau des moyens de transport et on peut envisager de nouvelles façons de travailler sur le terrain avec des véhicules plus légers, qui ne seront plus nécessairement des 4X4 partout, voire l'utilisation de motocyclettes pour le contrôle des stations, le changement des feuilles d'enregistrement et d'une façon générale toutes les opérations qui ne signifient pas l'utilisation de matériel lourd.

Les experts ont même proposé, lorsque les conditions locales le permettent, des solutions classiques dans les pays développés comme par exemple la location de véhicules supplémentaires lorsque la demande est la plus forte (en général la saison des pluies), voire même d'inciter à l'utilisation des véhicules personnels en proposant aux agents des prêts pour l'achat des véhicules et des indemnités kilométriques raisonnables pour l'utilisation en service. Il va de soi que de telles pratiques, qui devraient dans l'absolu se solder par des économies, restent irréalistes dans un certain nombre de pays pour un certain temps encore.

L'utilisation de la télétransmission des données par satellite peut être une option fort intéressante, dans la mesure où elle permet aussi la télésurveillance des installations sans visites sur le terrain. Les visites qui restent indispensables pour effectuer les jaugeages et procéder aux réparations nécessaires signalées par télétransmission peuvent être mieux programmées et optimisées, réduisant ainsi le coût de fonctionnement d'un tel réseau hydrologique.

6.3.5 Gestion des ressources humaines

Les problèmes de personnel, qu'il s'agisse des personnels techniques ou des personnels d'encadrement, constituent partout la difficulté principale du fonctionnement des services de collecte de données hydrologiques. Cela est vrai plus particulièrement pour ce qui concerne le recrutement, la formation permanente, mais surtout le maintien en poste des techniciens et ingénieurs de haut niveau indispensables à la gestion de services modernes, fortement sollicités par ailleurs.

L'existence et le maintien de services hydrologiques modernes, compétent et efficaces dépend souvent de l'instauration de nouvelles conditions de recrutement et de gestion des personnels. Il faudrait pouvoir tout à la fois :

- élargir des profils de recrutement en les profils classiques d'ingénieurs par des spécialistes de l'hydrologie dite scientifique,
- améliorer les salaires de toutes les catégories, fournir des avantages accessoires, notamment lors des tournées de terrain,
- doter les services hydrologique d'une image plus valorisante auprès du public, en mettant mieux en valeur leur rôle de premier plan dans le processus de développement.

Dans tous les cas et en plus des changements cités ci-dessus, il faut insister sur l'extrême nécessité d'organiser la formation permanente des personnels, sous forme de cours professionnels intensifs, de formations universitaires supérieures, de participation à des séminaires nationaux et internationaux. L'exemple réussi de création de services hydrologiques régionaux par le programme OMS-OCP, où

les agents sont mieux payés, plus autonomes et davantage responsabilisés, inciterait à l'instauration d'une mobilité régionale inter-états des personnels, susceptible de motiver les agents à titre individuel et de constituer un moyen pour l'échange de méthodes de mesures et d'analyse de données, facilitant aussi une interconnexion des banques de données à l'échelle régionale.

6.4 Conclusions sur les problèmes institutionnels des services hydrologiques

Pour l'heure, dans les états de la zone OSS, les services hydrologiques nationaux manquent généralement dans une large mesure de contrôle sur leurs financements, que ces financements soient d'origine locale ou internationale. De ce fait ils sont le plus souvent incapables de planifier effectivement leurs besoins en investissements et en fonctionnement au jour le jour. Les agences régionales, correspondant aux bassins internationaux ou telles que le CIEH, ont la même expérience de ces problèmes financiers insolubles.

Le constat général dans toute la zone OSS, tel qu'il est décrit par les experts du projet "Water Assessment" est que tous les services hydrologiques nationaux semblent engagés dans une spirale descendante auto-entretenu : dépourvus de financements suffisants ils ne sont plus capables de fournir les données hydrologiques de qualité qui justifieraient leur existence et leurs mauvaises performances servent justement ensuite de prétexte aux réductions supplémentaires de financements. Pour rompre, si faire se peut, ce cycle vicieux du sous-financement latent et des contre-performances visibles, il est indispensable de s'attaquer au problème fondamental, qui est celui de la quasi non reconnaissance actuelle de l'importance, voire de la priorité, à accorder à la collecte de données hydrologiques, telles qu'elles se manifestent dans les budgets nationaux, que ne compensent pas les aides financières intermittentes internationales ou bilatérales.

La situation des services hydrologiques dans la plupart des pays de l'OSS est telle que même le maintien des observations minimales sur un très petit groupe de stations hydrologiques historiques est parfois mis en question. L'arrêt de ces observations serait une perte irréversible pour les états bien sûr, mais pour la communauté mondiale également. C'est donc d'une prise de conscience de cette réalité par les gestionnaires de services hydrologiques d'abord, puis par leur tutelle administrative et politique, que peut surgir une renaissance de l'hydrométrie africaine et de la zone OSS en particulier.

La privatisation partielle des activités d'hydrométrie peut n'être vu par les hommes politiques locaux que comme une voie d'économie budgétaires pour le gouvernement, opinion en règle générale accompagnée d'une vision irréaliste de la capacité des services hydrologiques à transférer à leurs clients potentiels leurs coûts de fonctionnement. Car si les statuts d'agences privatisées ou semi-autonomes présentent au moins la possibilité de s'affranchir des règles trop rigides du service public (concernant notamment les indemnités de terrain ou les perspectives de promotion), ils introduisent aussi des incertitudes supplémentaires sur la pérennité des financements.

Toutes les solutions proposées, qu'elles se placent à l'échelle nationale ou régionale, devraient, pour être fiables, se recommander de ces quelques principes.

CHAPITRE 7

RECOMMANDATIONS POUR UN RENOUVEAU DE L'HYDROMETRIE DANS LES ETATS DE LA ZONE OSS

7.1 Vers de nouvelles perspectives

L'EAU, particulièrement dans les états de la zone de l'OSS, est un élément déterminant du développement. La fonction majeure de tout service hydrologique est de fournir des données pour la conception des projets impliquant l'utilisation des ressources en eau. Si ces données sont précises et fiables, les projets seront optimisés. Si les données sont de mauvaise qualité les financements seront trop souvent employés en pure perte dans des projets où les ressources hydrologiques superficielles ou souterraines resteront toujours insuffisamment connues.

Les résultats de l'Evaluation Hydrologique en Afrique Sub-Saharienne montrent que dans beaucoup de pays de la zone de l'OSS les données hydrologiques indispensables, requises pour satisfaire aux besoins du développement, ne sont pas actuellement plus correctement collectées et gérées.

Souvent fondés et orientés par les mécanismes du crédit international, les budgets des pays en développement font une part de plus en plus modeste aux services hydrologiques, le plus souvent encore rattachés au secteur public. Dans ce domaine de l'hydrométrie, de nombreux projets d'assistance technique ont fourni des contributions notables pour développer les activités hydrologiques, souvent sous la forme d'équipements, d'intervention d'experts et de formation du personnel de contrepartie. Mais en général, les programmes d'assistance technique n'ont pas complètement pris en compte les réelles capacités des services hydrologiques nationaux incapables d'intégrer et de maintenir les activités lancées dans le cadre de ces projets d'assistance.

En termes simplifiés, la plupart des pays en développement, particulièrement en Afrique, n'ont ni les moyens financiers, ni le personnel qualifié pour assurer un suivi correct de leurs ressources en eau.

Les services hydrologiques de la région ont des potentiels d'activité très bas. Peu de pays de la zone de l'OSS ont aujourd'hui des services qui pourraient être comparés avantageusement avec ceux qui existaient il y a 10 ou 20 ans et aucun pays ne possède encore un service qui soit adapté pour appuyer le développement prévisible du secteur eau dans la région pour les prochaines décennies.

Un suivi hydrométrique convenable et la gestion des ressources en eau sont des tâches exigeantes qui supposent l'engagement et la compétence des personnels à tous les niveaux. Il est certain que l'amélioration significative du suivi et de la gestion des ressources hydrologiques ne pourra être obtenue qu'à travers un ensemble de mesures incluant :

- des programmes de formation soigneusement conçus,
- la mise en oeuvre de systèmes informatisés pour le traitement, la gestion et l'analyse des données,
- l'automatisation de la collecte sur le terrain avec des techniques comme le stockage sur mémoires de masse directement lisibles par les ordinateurs et la télétransmission des données en temps réel ou très peu différé,
- un appui urgent aux programmes de collecte de données sur le terrain et de traitement de ces données, tant au plan financier qu'à celui des ressources humaines.

Le *Programme pour le Développement de l'Hydrométrie en Afrique de l'Ouest* (PDH) a été formulé dans ce sens par le rapport Afrique de l'Ouest du projet « Water Assessment » pour donner aux services hydrologiques nationaux les moyens de remplir efficacement leur mission sur des bases concertées et durables. L'engagement de maintenir une assistance directe pendant une période de 10 à 15 ans est nécessaire, ainsi que d'importants et de systématiques apports en équipements de base, en capacités d'expertise et en formation conçues pour satisfaire aux besoins de chacun des pays. Les recommandations du PDH concernent tous les aspects touchant au suivi des eaux de surface, depuis

les méthodes de mesure sur le terrain, jusqu'au traitement et à la gestion des données, la présentation des résultats et l'utilisation des données.

7.2 Le Programme pour le Développement de l'Hydrométrie en Afrique de l'Ouest

Le programme englobe un ensemble de pays et de projets régionaux. La standardisation des procédures de traitement et de gestion des données dans la région est un objectif des projets régionaux de telle sorte que les pays membres soient en mesure d'échanger librement des idées, de discuter leurs problèmes en commun, d'échanger des données et des logiciels lorsque les besoins se feront sentir, et de façon générale d'établir les conditions d'une coopération au niveau régional.

Avec un aussi grand nombre de pays et de projets associés, il était recommandable qu'un programme de coordination soit établi au niveau régional, de manière à promouvoir et évaluer l'avancement du projet. Les objectifs du Programme pour le Développement de l'Hydrométrie présenté par le projet « Water Assessment » étaient les suivants :

- (i) participer à l'évaluation, à la réparation, à la réhabilitation et au soutien des réseaux de collecte de données hydrologiques,
- (ii) donner aux services hydrologiques les capacités pour exécuter tous les travaux de terrain selon les standards choisis, pour le moins sur un réseau réduit,
- (iii) mettre en oeuvre aux niveaux nationaux et régional le concept de réseau de premier ordre, de dimension limitée, mais dont la gestion pourra se faire sans discontinuer avec les financements nationaux. Les sites devront être sélectionnés selon des critères objectifs, fondés sur une analyse croisée des séries chronologiques existantes (durée, qualité), de la variabilité des régimes hydrologiques (hétérogénéité spatiale) et des besoins du développement (gestion, suivi de l'environnement). Un Projet Régional a été prévu pour réaliser ces objectifs,
- (iv) sauvegarder le fond de données hydrométriques existantes en utilisant et améliorant les capacités de traitement et de stockage informatique dans les pays,
- (v) promouvoir l'utilisation de procédures informatisées et standardisées pour le contrôle de qualité,
- (vi) promouvoir l'utilisation de la gestion informatisée des données et des procédures de traitement permettant d'obtenir périodiquement et à dates fixes des bulletins statistiques,
- (vii) développer une capacité d'étude et d'analyse en hydrologie appliquée dans chaque pays, capable de soutenir un développement planifié et la conception des projets.

L'objectif était d'aboutir à des services hydrologiques nationaux efficaces, qui pourraient accéder à l'autonomie grâce à du personnel bien formé et à un réel savoir-faire technique et qui seraient capables de fournir les données requises pour la mise en oeuvre du développement des ressources en eau et tout projet en rapport. Ces services auraient à gérer des banques de données tenues à jour dans un standard totalement compatible avec tous les pays, ce qui rendrait possible et facile l'échange de données hydrologiques à l'échelle des grands bassins versants.

7.3 Projets Régionaux

7.3.1 Considérations Générales

Cinq Projets régionaux ont été identifiés et proposés :

Le premier, dit *Umbrella Project* ou *Projet Parasol* est conçu autour d'une équipe de taille réduite, chargée de coordonner l'ensemble des activités du Programme de Développement de l'Hydrométrie. La fonction principale de ce projet est le maintien d'une présence continue en matière de savoir-faire et de conseil technique dans la région pendant 5 à 10 ans. Ce projet s'inspire d'un certain nombre d'éléments jugés satisfaisants dans le projet AGRHYMET.

Le Projet régional n°2 a pour objectif le renforcement de deux ou trois centres régionaux de formation, en soutenant pour le moins une institution francophone et une anglophone, qui auront pour mission de proposer régulièrement des formations techniques, plus spécialement destinées aux techniciens en hydrométrie superficielle et en hydrogéologie.

Le Projet régional n°3 a été conçu comme une partie d'un programme plus vaste portant sur un suivi hydrologique et environnemental sur l'ensemble du continent africain au sud du Sahara. Le projet général est conçu pour être implanté par phases successives et ce Projet régional n°3 pour les pays d'Afrique de l'Ouest pourrait constituer la phase initiale du grand programme. L'objectif est de créer un réseau de stations de référence, de dimension minimum, mais fournissant des données de haute qualité grâce à l'utilisation de la télémétrie et à partir duquel un flux continu d'informations sur l'environnement, avec une diffusion régionale et internationale, pourra être assuré.

Le Projet n°4 concerne la récupération et la sauvegarde de grands ensembles de données historiques détenues par les différents services hydrologiques de la région. Le projet est fortement orienté vers la sauvegarde des données en eaux de surface.

Le Projet n° 5 concerne la question de la promotion et de l'élaboration du profil des services de collecte des données. C'est une étude qui se propose de donner aux pays un outil pour évaluer le niveau de financement minimum qui doit être consacré aux services de collecte des données hydrologiques par rapport aux besoins actuels et futurs du développement.

7.3.2 Projet n° 1 : Programme de Développement de l'Hydrométrie (Projet Parasol)

Objectifs

A travers son rôle de coordination, l'objectif principal du Projet Parasol est d'améliorer la collecte et le traitement des données effectués par les services hydrologiques nationaux, de telle sorte que des données fiables soient collectées dans chaque pays, pour le moins sur un nombre restreint de stations de premier ordre, et que la pérennité de ces activités soit assurée à long terme.

Le Programme de Développement de l'Hydrométrie requiert des apports financiers initiaux importants si l'on veut éviter une cessation complète des activités sur les réseaux de collecte. En clair, sachant que l'hydrométrie ne constitue qu'une préoccupation des donateurs parmi beaucoup d'autres, l'augmentation de la part de l'aide destinée au secteur eau, et plus particulièrement à l'hydrométrie, suppose une campagne d'information bien organisée et soutenue pour que les bailleurs de fonds prennent réellement conscience des difficultés spécifiques des services hydrologiques et de l'importance des données pour la conception des aménagements.

Les conditions de fonctionnement des services hydrologiques sont très différentes selon les zones climatiques et les pays considérés. On a constaté que la collaboration inter-Etats dans la région était une pratique ancienne et courante et qu'il y a là matière pour un nécessaire développement futur des échanges d'informations, de données et de savoir-faire entre les différents services. Ces collaborations permettent aux services de collecte de dimensions modestes ou qui sont les moins avancés dans leur développement de bénéficier de l'expérience acquise par les plus performants, dans le choix des équipements de mesure.

On insistera sur l'intérêt d'avoir une gestion différenciée d'un réseau primaire et de réseaux secondaires dans la région et sur la valeur inestimable que représentent pour la gestion des ressources et le suivi de l'environnement, des données fiables collectées sur un réseau de stations primaires bien représentatives au plan hydrologique. Un service ayant cette approche devra gérer son budget en assurant la gestion de ce réseau primaire, en priorité absolue par rapport aux autres activités. Le Projet Parasol peut apporter son concours en participant à la sélection des stations primaires, en hiérarchisant les activités à entreprendre sur ces réseaux à deux niveaux.

Grâce à ses relations étroites avec les donateurs et sa connaissance de la situation hydrologique régionale, le projet Parasol sera en situation favorable pour conseiller les services hydrologiques nationaux sur la préparation des documents de Projet et l'obtention de fonds par ces donateurs.

Le Projet Parasol sera un pôle d'assistance pour l'entretien des matériels, la formation à l'utilisation d'équipements nouveaux, l'assistance en informatique, pour le choix des équipements et des méthodologies.

Principales activités :

Coordination des composantes du Programme de Développement de l'Hydrométrie

Constituer un point de convergence des différents éléments du PDH, particulièrement pour ce qui concerne la compatibilité des chronogrammes des différents projets nationaux et régionaux. Assister les services nationaux dans leurs relations avec les agences des donateurs et avec les projets régionaux prévus dans le cadre du PDH.

Promotion

Maintien de relations étroites avec les principaux donateurs du secteur eau pour assurer, année après année, des dotations financières convenables aux activités hydrométriques considérées dans leur sens le plus large.

Formation

Lorsque des technologies nouvelles comme la télémétrie ou de nouveaux logiciels de traitement de données seront introduits dans un projet national, les experts du Projet Parasol seront à même d'organiser de courtes sessions de formation sur place, en situation réelle, en utilisant les équipements propres du service hydrologique national.

Standardisation

Faire le point sur la situation régionale et internationale dans les domaines de la métrologie, des procédures utilisées sur le terrain et au bureau et définir les méthodes les mieux appropriées aux conditions locales. Par suite d'une longue coopération assurée par l'ORSTOM et le CIEH, on constate en général l'existence d'une plus grande harmonie méthodologique dans les pays francophones. L'expérience acquise, comme celles relatives aux capteurs et aux stations de télémétrie, permettra d'éviter des mauvais choix aux plans techniques et financiers.

Entretien

Dans la région la maintenance d'équipements spécialisés pose un certain nombre de problèmes et les possibilités de réparation sur place sont d'autant plus aléatoires que les équipements sont plus complexes. En favorisant l'uniformisation des matériels et en regroupant un grand nombre d'utilisateurs, le Projet Parasol pourra négocier avec les fournisseurs pour que des points de maintenance soient implantés sur place ou que des formations au dépannage des équipements soient prévues au moment de l'achat.

Matériels informatiques et logiciels

Bien que certains pays aient déjà utilisé dans le passé les gros ordinateurs des centres de calcul nationaux, les services hydrologiques de la région sont encore à un stade peu avancé dans l'utilisation de l'informatique. Cette inexpérience fait que le plus souvent des problèmes mineurs peuvent amener le blocage de tous les traitements. Jusqu'ici le soutien technique a été limité, même lorsque des ensembles comme CLICOM ont été introduits dans beaucoup de pays. Des experts en matériel et en logiciel de traitement des données seront affectés au Projet Parasol pour apporter ce soutien. Ils devront aussi déterminer comment les bases de données existantes pourront être fusionnées et de quelle manière pourront être récupérées les données codées sur des systèmes ou des supports devenus obsolètes.

Assistance au fonctionnement d'un réseau minimum

Par le fait que certains des objectifs de la collecte des données ont un enjeu international, le Projet Parasol cherchera à promouvoir sur un réseau primaire une collecte de données fiables, à effectuer les traitements et à mettre les résultats à disposition des pays et des services. Le programme aura également pour fonctions de donner des conseils pour la sélection des stations adéquates, de définir les activités prioritaires et de coordonner soigneusement les activités des différents projets du PDH. Des périodes transitoires ou d'attente vont inévitablement caractériser la mise en place des projets nationaux. Cette caractéristique a causé bien des difficultés dans le passé, et on pourrait envisager que le Projet Parasol dispose d'une réserve financière lui permettant d'agir comme une agence d'exécution intérimaire pour assurer la continuité pendant ces périodes de transition, ce qui maintiendrait ainsi la pérennité des activités en attendant la mise en place des crédits prévus dans les projets du pays concerné. Un pareil rôle dans la gestion financière présenterait un grand nombre d'avantages pour l'ensemble du Programme de Développement de l'Hydrométrie et les services nationaux, mais ceci pourrait également être perçu par certains comme un niveau de bureaucratie supplémentaire.

Site d'implantation du projet

Compte tenu du grand nombre de pays impliqués dans le PDH, il est essentiel que le siège du Projet Parasol soit implanté en un lieu bénéficiant des meilleures conditions possibles pour des commodités essentielles (destination bien desservie, facilité des télécommunications, etc.). Il y a effectivement une difficulté à décider si le projet doit être situé dans un pays anglophone ou un pays francophone. Le Projet Parasol pourrait être situé à Abidjan (Côte d'Ivoire), qui est un centre important pour les organisations des donateurs, la Banque Mondiale et pour un grand nombre d'agences des Nations-Unies avec lesquelles le projet aura des relations très étroites.

Le projet sera initialement prévu pour 10 ans, avec des prolongations possibles de 5 ans, en fonction des résultats des évaluations qui seront conduites périodiquement. Le siège du Projet pourra être utilisé comme base régionale par les experts et les consultants impliqués dans les différents projets nationaux.

Personnel

Le Projet Parasol sera composé d'experts chevronnés (*seniors*) qui consacreront une partie significative de leur temps hors du siège du projet pour contribuer à la réalisation des programmes de pays. Ce serait un avantage supplémentaire si ces experts pouvaient tous appartenir à un seul et même organisme et ainsi mettre en oeuvre les techniques de gestion utilisées dans cette organisation.

7.3.3 Projet n° 2 : Programme de formation des ingénieurs et techniciens hydrologues

Le Programme de formation des ingénieurs et techniciens hydrologues et hydrogéologues a pour objectif de renforcer le potentiel de formation technique dans la région, plus particulièrement en ce qui concerne la formation très appliquée et dispensée sur de courtes périodes. On a considéré que la meilleure option pour cela était de renforcer le potentiel de deux ou peut-être trois centres bien reconnus dans le dispositif de formation académique et professionnel de la région. L'un des centres sera dédié aux pays anglophones et situé dans l'un de ces pays et un autre sera spécialisé pour les pays francophones. Ces centres auraient pour fonction d'offrir aux techniciens différents modules de formation, sous la forme de sessions de un à quatre mois, portant sur différents aspects de l'hydrologie, de la météorologie, de l'hydrogéologie, des transports solides, de la chimie des eaux, du traitement et de l'analyse des données.

Une large palette de programmes est prévue, allant de formations générales en hydrologie opérationnelle jusqu'à des domaines techniques particuliers comme les jaugeages au moulinet, le suivi des transports solides, les procédures d'analyse de laboratoire, etc.

Au début, le personnel des centres sera principalement composé d'experts internationaux, mais la participation d'expert locaux sera encouragée et recherchée.

7.3.4 Projet n° 3 : Programme de renforcement de la surveillance hydrologique et de l'environnement

Il a été proposé de mettre en oeuvre un programme de suivi des paramètres de l'environnement à l'échelle de tout le continent africain, en utilisant les techniques les plus modernes de météorologie (stations automatiques et télétransmission de données). Ces propositions font suite aux préoccupations internationales vis à vis des grands problèmes environnementaux tels que les changements climatiques, la dégradation du milieu, etc. L'utilisation et la gestion des ressources en eau en Afrique soulèvent un certain nombre de questions d'intérêt international. Il y a en Afrique de l'Ouest des expériences éprouvées de télétransmission de données, à commencer par le Projet HYDRONIGER et plusieurs autres réseaux implantés pour des besoins multiples. Le Projet portant sur l'Afrique de l'Ouest est conçu comme étant l'étape initiale d'un projet continental africain, et comme un programme-pilote pour ces futurs développements. L'objectif est de gérer un réseau de taille minimum composé de stations de référence fournissant des informations précises, aisément disponibles aux niveaux régional et international, grâce à l'utilisation de la télétransmission.

Le projet sera centré autour d'un centre régional de réception des données qui pourrait être situé au siège du Projet Parasol. Les stations composant le réseau seront sélectionnées de manière à

constituer un échantillon représentatif des régimes hydrologiques existants dans la région. Dans la mesure où des sites seraient représentatifs au plan hydrologique, ce réseau pourra inclure un certain nombre de stations télémétriques existantes, appartenant à des réseaux de projets comme OCP, HYDRONIGER, OMVS ou à des réseaux nationaux (Bénin, Guinée). Des stations nouvelles seront implantées si nécessaire. Il n'est pas prévu que le Projet inclut un très grand nombre de stations, l'objectif étant d'avoir une télémessure de qualité sur des stations très bien gérées au niveau des procédures de terrain (exécution périodique de jaugeages et précision des étalonnages).

A leur réception au siège du projet, les données seront analysées et traitées par des logiciels dédiés, avec pour double objectif le contrôle de la qualité et la mise à disposition des données dans les plus brefs délais.

Après une première phase de deux ans, le projet sera évalué et des recommandations émises pour extrapoler le système à un Programme de dimension continentale.

7.3.5 Projet n° 4 : Sauvetage des données hydrologiques

Les objectifs du projet sont la récupération de toutes les données historiques et la mise en place aux niveaux nationaux de systèmes garantissant la sauvegarde sur papier et sur fichiers informatiques des données qui sont collectées à l'heure actuelle et de celles qui le seront dans le futur. Les réalisateurs du projet devraient établir des relations étroites avec le Projet Parasol dont les activités comportent un soutien aux activités informatiques et la définition de méthodologies et de normes dans les domaines du traitement, du stockage et de la gestion des données.

7.3.6 Projet n° 5 : « Valeur » des données de ressources en eau en Afrique de l'Ouest

A l'heure actuelle, les Gouvernements n'ont aucun moyen d'estimer la « valeur » des activités de collecte de données et sont généralement peu sensibilisés à cet égard. Avec l'augmentation rapide de la population et des changements probables du climat par suite du réchauffement global, la demande en eau croissante va exiger une redéfinition du minimum indispensable pour les activités et les données hydrologiques qui sont requises pour la conception des projets de développement des ressources en eau.

Ce projet est conçu comme une étude sur 12 mois, essentiellement réalisée par des consultants au bureau après une période initiale de collecte d'information dans la région. Le projet aura des liens avec le Projet Parasol tout au long de l'étude, durant la phase initiale et surtout à la fin pour déterminer la meilleure façon de faire passer les résultats auprès des directeurs et des gestionnaires des services nationaux de collecte de la région.

Le projet aura recours à des compétences diversifiées dans les domaines de l'hydrologie, de la modélisation du climat, de la démographie et de l'économie.

7.4 Conclusion générale

Il n'était sans doute pas inutile de rappeler les 5 projets régionaux qui furent proposés par le projet « Water Assessment », même s'ils ne correspondent pas exactement à la zone géographique de l'OSS. En effet toute action significative sur le potentiel des services hydrologiques de la zone OSS devra se faire en coordination avec ce qui peut être réalisé à l'échelle des sous régions de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique de l'Est. De plus cet ensemble de projets régionaux, tel qu'il fut initialement proposé dans le rapport commun réalisé par l'ORSTOM et Mott MacDonald, a été depuis largement repris dans ses principes par le projet WHYCOS Afrique de la Banque Mondiale et de l'OMM, qui est présenté dans l'annexe 2 du présent rapport.

Deuxième Partie

ANNEXE 1

ETAT DES RESEAUX HYDROLOGIQUES DES PAYS DE L'OSS

Liste des pays faisant l'objet de l'évaluation :

A1-1 :	Mauritanie
A1-2 :	Mali
A1-3 :	Niger
A1-4 :	Tchad
A1-5 :	Sénégal
A1-6 :	Gambie
A1-7 :	Guinée Bissau
A1-8 :	Burkina Faso
A1-9 :	Cap Vert
A1-10 :	Soudan
A1-11 :	Ouganda
A1-12 :	Djibouti
A1-13 :	Somalie

Pour présenter les informations fournies par les rapports par pays de l'étude « Water Assessment » sur l'évaluation de la situation particulière du service hydrologique de chaque pays de la zone OSS, nous avons retenu les rubriques suivantes :

Date de la mission d'expertise :

Nom de l'organisme évaluateur :

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle
Personnel
Budget

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements
Traitement des données
Publication des données
Banques de données
Qualité des données

Informations diverses et conclusions :

A1-1 : Mauritanie

Date de la mission d'expertise :

18 mai au 6 juin 1991

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

La Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS) avait mis en place des échelles sur le fleuve dès 1903 et des mesures sur bassins versants dans le massif de l'Affolé étaient entreprises par l'ORSTOM en 1959 pour le compte du Service du Génie Rural. Les études entreprises sur les Gorgols furent reprises dans un projet PNUD en 1969. Mais l'hydrologie de surface a vraiment débuté en Mauritanie avec le projet AGRHYMET en 1976 au sein du Service Agroclimatologique et Hydrologique (SAMH) qui comporte une Division Hydrologique. En 1984, toujours dans le cadre du projet AGRHYMET, les activités hydrologiques du Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie ont été transférées au ministère du Développement Rural.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

Actuellement la Division Hydrologique fait partie du Service Agroclimatologique et Hydrologique (SAMH) et est donc rattachée à la Direction de l'Agriculture du Ministère du Développement Rural. Elle a deux domaines d'activité, la gestion du réseau hydrologique et le traitement de l'information. Une réorganisation de cette division paraissait imminente en mai 1991, la transférant de la Direction de l'Agriculture à la Direction du Génie Rural.

Personnel

Le personnel se réduisait en mai 1991 à 1 ingénieur, 1 ingénieur des travaux et 2 opérateurs, en plus des observateurs d'échelles.

Budget

Il est difficile de dissocier les budgets des différentes divisions du SAMH et les ressources financières venaient du projet PNUD/AGRHYMET. Mais en mai 1991 la Mauritanie n'avait pas bénéficié de la troisième phase du projet pour la période 1987-91 (748000 \$ demandés par le gouvernement), mais avait profité d'une avance de 88000 \$ sur la même période. La demande budgétaire pour 1991, représentant la contrepartie mauritanienne, s'élève à 11 millions de UM, qu'il faut rapprocher des 8,8 millions de UM effectifs du budget de la contrepartie mauritanienne en 1990.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

A partir de 1977 la composante nationale du programme AGRHYMET a mis en exploitation une douzaine de stations en plus de celles du fleuve Sénégal. De 1977 à 1986 des campagnes de mesures ont été faites avec une brigade basée à Kaédi. Mais depuis 1987 on peut considérer qu'il n'existe plus de réseau hydrométrique opérationnel en Mauritanie.

Le SAMH fournit un inventaire de 66 stations théoriques, mais la liste des stations dont des résultats ont été publiés dans les annuaires est restreinte à 10 stations. Une station limnigraphique à télétransmission satellitaire ARGOS est installée depuis mai 1991 dans le cadre des activités de l'OMVS.

Les limnigraphes qui équipaient les stations de mesures sur les petits affluents du Sénégal étaient des appareils à flotteur, qui ne donnèrent jamais satisfaction compte tenu de l'instabilité des lits.

L'absence de tournées de terrain fait que l'on ne connaît pas en fait l'état du réseau depuis 1987.

Traitement des données

Jusqu'en 1987 les hauteurs d'eau transmises par les lecteurs étaient traitées par le logiciel BLTE de l'AGRHYMET. Pour ce faire la division hydrologie a accès à un matériel informatique jugé satisfaisant en 1991, et disposait d'un certain nombre de logiciels, dont HYDROM 2.

Publication des données

Des annuaires existent pour la période antérieure à 1986 à une dizaine de stations. Pour la période postérieure les rares données disponibles le sont partiellement sous forme de tableaux.

Banques de données

La banque de données de l'ORSTOM ne comporte que 3 stations situées sur le Sénégal. Pour les autres stations il n'a pas été possible de fournir un inventaire synthétique et complet des hauteurs d'eau disponibles. Les données de 13 stations, sur la période 1970-1986, ont pu faire l'objet d'un inventaire qui montre des trous très importants.

Qualité des données

D'une façon générale, même sur la période antérieure à 1986 les données sont très rares et de qualité particulièrement mauvaise. Durant cette même période, les jaugeages ont été effectués de façon très irrégulière (69 en 79, 58 en 80, 23 en 81, 0 en 82 et 83, 24 en 84, 106 en 85 et 0 en 86). De plus ils semblent très approximatifs, ce qui ne permet en aucun cas l'établissement de courbes de tarage satisfaisantes pour les stations mauritaniennes, bien souvent instables.

Les débits calculés par le projet AGRHYMET, pourtant pour 5 stations seulement, ne sont guère valables, ne serait-ce que par un calcul des débits journaliers erroné (transformation en débit de la hauteur moyenne observée).

Informations diverses et conclusions :

Le réseau hydrologique mauritanien est l'exemple même du réseau en déshérence totale depuis 1986 : il n'y avait plus en mai 1991 d'observations de hauteur d'eau et plus d'activités de terrain. Un travail de saisie des données manquantes, de critique de la qualité de l'ensemble des données, était nécessaire pour rendre même opérationnelle le petit nombre de données collectées jusqu'en 1986. Tout semblait donc alors à refaire.

FIGURE 4.2.1 - Réseau des stations hydrométriques

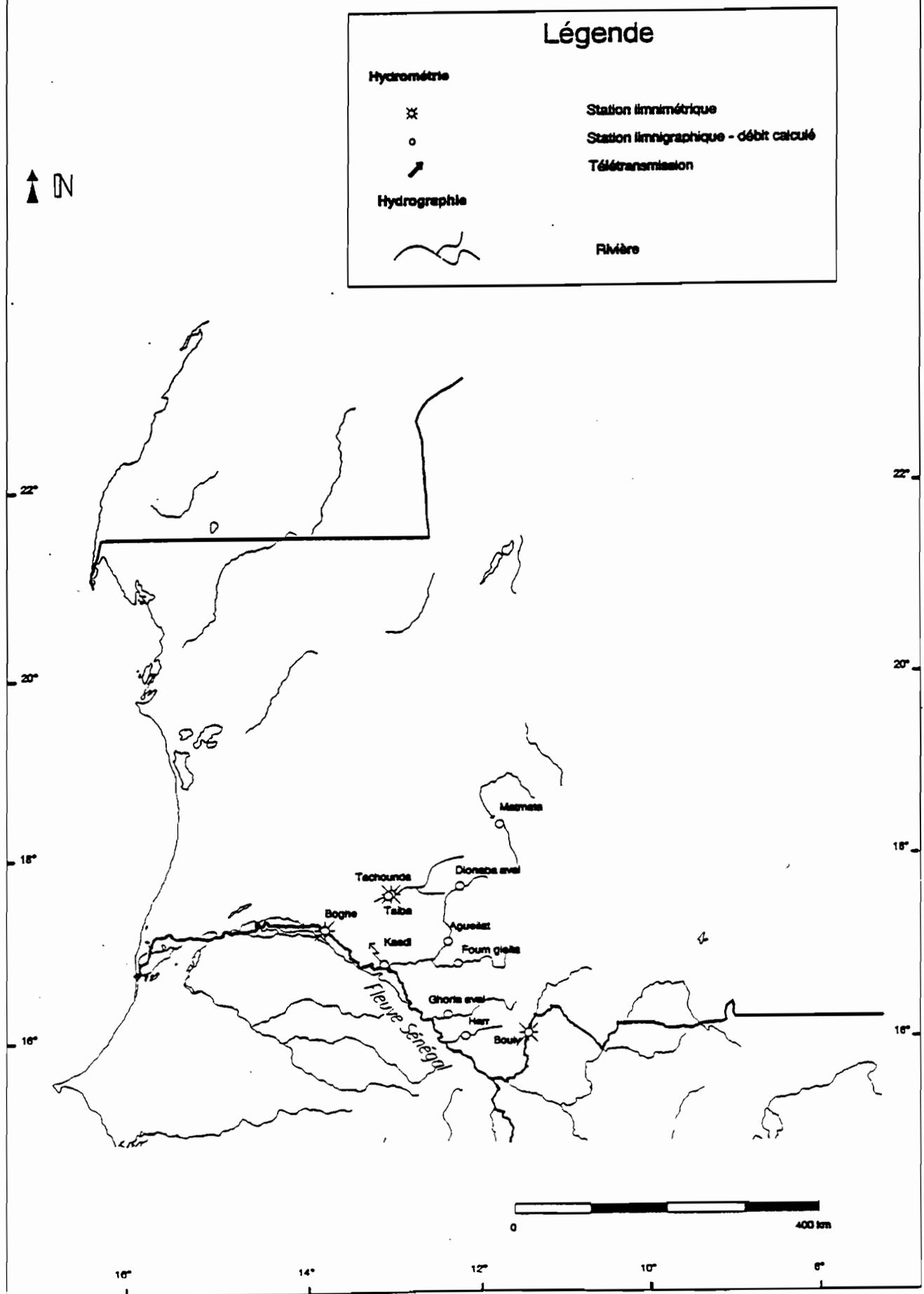


TABLEAU 4.2.2 - Inventaire des stations hydrométriques fourni par le SAMH en mai 1991

STATION	RIVIERE	LAT.	LONG.	ALT.	SUP. (km ²)	PERIODE DE FONCTION.	C U A N P V
1510002009 ROSSO BAC	SENEGAL	+16 30 00	-015 49 00			1987/	01 0
1510002010 ROSSO	SENEGAL	+16 30 00	-015 49 00			1951/1951	01 0
1510002011 R KITZ	LAC R KITZ	+16 46 00	-015 27 00			1961	01 0
1510002013 KEUR MOUR	SENEGAL	+16 31 00	-015 30 00			1987/	01 0
1510002014 TEKANE	LE N'DIAWASTE	+16 36 00	-015 22 00			1987/	01 0
1510002015 KEUR MOUR	MARIGOT K MOUR	+16 31 00	-015 30 00			1987/	01 0
1510002016 BOGHE VILLE	SENEGAL	+16 34 00	-014 17 00		263000.	1908/ 1935/ 1977/1989	01 0
1510002017 BOGHE POMPAGE	SENEGAL	+16 34 00	-014 17 00		263000.	1984/	01 0
1510002018 ALEG	LAC D'ALEG	+17 03 00	-013 55 00		3800.00	1958/	01 0
1510002019 TAIBE	OUED KETCHI	+17 03 00	-013 55 00		3420.00	1985/1986	01 0
1510002020 M BAGNE	SENEGAL	+16 09 00	-013 47 00			1960/	01 0
1510002025 CHOOGAR	MARE DE CHOOGAR	+17 20 00	-013 40 00			1958/	01 0
1510002026 KAEDI	SENEGAL	+16 08 00	-013 30 00		255000.	1903/ 1970/ 1983/	01 0
1510002027 KAEDI BARRAGE	GORGOL	+16 08 00	-013 30 00		30020.0	1975/	01 0
1510002028 TACHOUNDA	OUED KETCHI	+17 03 00	-013 25 00		3420.00	1959/1963 1985/1986	01 0
1510002029 MALLE	LAC DE MALLE	+16 57 00	-013 23 00		955.000	1958/	01 0
1510002030 SEYENNE	GORGOL	+16 13 00	-013 23 00		30020.0	1970/	01 0
1510002031 NIMA	MARE DE NIMA	+17 47 00	-013 15 00			1964/	01 0
1510002033 GANKI	GORGOL	+15 30 00	-012 51 00		30000.0	1970/	01 0
1510002034 LEXEIBA	GORGOL	+15 31 00	-012 51 00		30020.0	1970/	01 0
1510002035 SANGRAFA	OUED SANGRAFA	+17 35 00	-012 50 00		156.000	1958/	01 0
1510002036 AGUEILAT	GORGOL BLANC	+16 26 00	-012 40 00		8370.00	1958/ 1970/ 1973/1986	01 0
1510002041 GADEL	MARE DE GADEL	+17 14 00	-012 45 00		410.000	1958/	01 0
1510002042 BELOUGUE LITAMA	OUED FONGO	+15 41 00	-012 45 00		136.000	1964/	01 0
1510002043 SITE FONGO	OUED FONGO	+15 31 00	-012 45 00		287.000	1964/	01 0
1510002044 GHORFA AVAL	OUED GHORFA	+15 32 00	-012 32 00		5020.00	1964/1966 1979/1986	01 0
1510002045 GLEITA TOR	GORGOL BLANC	+17 04 00	-012 41 00		3770.00	1958/	01 0
1510002046 FOU M GLEITA	GORGOL NOIR	+16 10 00	-012 40 00		8950.00	1958/ 1970/ 1978/1980	01 0
1510002047 DIONABA	GORGOL BLANC	+17 06 00	-012 38 00		116.000	1959/	01 0
1510002048 BOITTECK	OUED BOITTECK	+15 43 00	-012 34 00		250.000	1965/	01 0
1510002049 XXXXXXXX	OUED OUIENDIE	+17 07 00	-012 33 00		265.000	1958/	01 0
1510002050 HARR	OUED NIORDE	+15 17 00	-012 33 00		1550.00	1964/1966 1981/1985	01 0

TABLEAU 4.2.2 (suite) - Inventaire des stations hydrométriques fourni par le SAMH en mai 1991

STATION	RIVIERE	LAT.	LONG.	ALT.	SUP. (km ²)	PERIODE DE FONCTION.	C U A N P V
1510002051 XXXXXXXX	Oued FRA ENTANAZ	+17 33 00	-012 21 00		115.000	1958/	01 0
1510002052 OUED ADDET	Oued BOUDAME	+15 38 00	-012 30 00		1125.00	1964/1966	01 0
1510002056 DJABIDNE	Oued DJAJIBINE	+15 45 00	-012 29 00		143.000	1964/1966 1982/	01 0
1510002057 BOUDAME	Oued BOUDAME	+15 49 00	-012 25 00		564.000	1964/1966	01 0
1510002058 KADIEL	Oued KADIEL	+15 43 00	-012 25 00		36.4000	1964/1966	01 0
1510002059 OULOUMBOME	Oued GHORFA	+15 41 00	-012 22 00		280.000	1964/1966	01 0
1510002060 ACHRAM	Oued ACHRAM	+17 16 00	-012 20 00		280.000	1958/	01 0
1510002061 ECHKATA	Oued BOUDAME	+15 55 00	-012 19 00		149.000	1965/1966	01 0
1510002062 XXXXXXXX	Oued ALY	+15 51 00	-012 17 00		11.3000	1957/	01 0
1510002063 TASSOTA	Oued HAOUSSIE	+15 25 00	-012 16 00		214.000	1964/1966	01 0
1510002064 XXXXXXXX	Oued MOCTAR	+17 49 00	-012 15 00		12.6000	1957/	01 0
1510002065 LEGDELM	TAMOURT EN NAAJ	+17 57 00	-012 12 00		6190.00	1956/ 1980/ 1985/	01 0
1510002066 TOURLME	Oued TOURLME	+15 21 00	-012 12 00		480.000	1964/1966 1984/	01 0
1510002067 N DAWA	Oued GHORFA	+15 44 00	-012 09 00		1850.00	1965/1966	01 0
1510002068 MATMATA	TAMOURT EN NAAJ	+17 53 00	-012 08 00		4215.00	1956/1958 1964/ 1985/	01 0
1510002069 BOULY	Oued KARAKORO	+15 19 00	-011 48 00		14900.0	1984/	01 0
1510002070 TAORTA	Oued TAORTA	+18 13 00	-011 46 00		345.000	1958/	01 0
1510002071 NIEMELANE	Oued NIEMELANE	+18 20 00	-011 41 00		105.000	1958/	01 0
1510002072 SALKA DAHANA	Oued KARAKORO	+15 30 00	-011 41 00			1981/	01 0
1510002073 AGMAMNE	Oued HARAJ KAMDI	+15 53 00	-011 35 00			1966/	01 0
1510002074 DELBOULGUT	Oued DELBOULGUT	+18 27 00	-013 32 00		770.000	1958/	01 0
1510002075 KANKOSSA	MARE DE KONKOSSA	+15 57 00	-011 30 00		2.40000	1965/ 1985/	01 0
1510002076 ERCHELMOUCH	BATHA ERCHELM	+18 30 00	-011 27 00		97.0000	1958/	01 0
1510002077 BAKHDADA	BATHA BAKHDADA	+18 27 00	-011 22 00		950.000	1958/	01 0
1510002078 KOLEYLA	LE KOUNDI	+16 36 00	-015 31 00			1986/	01 0
1510002079 THIAMBENE	LE SOKAM	+16 34 00	-015 31 00			1986/	01 0
1510002080 SOKAM AMONT	LE SOKAM	+16 49 00	-015 30 00			1986/	01 0
1510002081 SOKAM AVAL	LE SOKAM	+16 49 00	-015 30 00			1986/	01 0
1510002082 GOELITE AMONT	LA GOYLETTE	+16 49 00	-015 19 00			1986/	01 0
1510002083 GOELITE AVAL	LA GOYLETTE	+16 49 00	-015 19 00			1986/	01 0
1510002090 GUELLAB	Oued GUELLAB	+16 55 00	-016 35 00			1987/	01 0
1510002091 BARGATANI	Oued BARGATANI	+16 50 00	-010 45 00			1987/	01 0
1510002092 TOUEJIGIT	Oued TOUEJIGIT	+17 27 00	-012 33 00			1985/	01 0
1510002093 MAYDALA	Oued GHORFA	+15 25 00	-012 20 00			1988/	01 0

TABLEAU 4.2.4 - Inventaire des hauteurs d'eau - Période 1970-1986

STATIONS	COURS D'EAU	ANNEES POUR LEQUELLES EXISTENT DES ENREGISTREMENTS DE HAUTEUR D'EAU
BOGHE	SENEGAL	1970-1972 / 1977-1980 / 1982-1986
KAEDI	SENEGAL	1970-1986
TACHOUNDA	OUED KETCHI	1986
TAIBE	OUED KETCHI	1986
AGUELAT	GORGOL BLANC	1978-1982 / 1984-1986
GHORFA AVAL	GHORFA	1979-1986
HARR	NIORDE	1981-1982 / 1984-1986
LEGDEIM	TAMOURT EN NAAJ	1972 / 1974
MATMATA	TAMOURT EN NAAJ	1980 / 1985
KARAKORO	BOULY	1984-1986
KANKOSSA	MARE DE KANKOSSA	1985-1986
FOUM GLEITA	GORGOL NOIR	1972-1975 / 1977-1978
KANKOSSA	MARE DE KANKOSSA	1985-1986

A1-2 : Mali

Date de la mission d'expertise :

26 mai au 14 juin 1991

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

La Mission d'Aménagement du Sénégal, la Mission d'Etude et d'Aménagement du Niger et l'ORSTOM gèrent tour à tour un certain nombre de stations. La gestion des eaux de surface du Mali fut confiée en 1966 à la Division Hydrologie (DH) de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE).

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

Depuis 1979 le réseau des stations d'observations hydrologiques est placé sous la responsabilité de la Division Hydrologie de la DNHE. La DH est composée d'un Bureau Central à Bamako qui coordonne les activités de 6 brigades (Bamako (2), Kayes, Tombouctou, Mopti, Sikasso) et 2 sections (réseau et études hydrologiques). Cet organigramme devait être revu en 1991.

Personnel

Le personnel de la DH est satisfaisant en nombre et formation. Il compte environ 35 personnes (1 chef de division ingénieur, 6 ingénieurs, 12 techniciens supérieurs, 4 agents de maîtrise et 12 aide-hydrologues), sans compter un certain nombre d'observateurs.

Budget

Le budget n'est pas réellement identifié au sein de la DNHE, mais il se monterait à environ 60 millions CFA. Les contre-parties des projets se montent à environ 20 millions CFA auxquels il convient d'ajouter 4 millions CFA par mois pour les indemnités des observateurs.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

En 1960 le réseau comportait 49 stations, en 1991 il en comptait 89. Le projet HYDRONIGER a procédé à l'installation de 20 plates-formes de collecte de données en 1984 du type « bulle à bulle », codeur et télétransmission ARGOS. Une SRDA permet de recevoir les stations à Bamako. Un réseau de plates-formes plus modernes, installées par le projet OMS-OCP, fut aussi installé à partir de 1985, dont beaucoup étaient retirées en 1991. L'OMVS enfin a fait installer aussi 5 stations du même type sur la partie malienne du bassin du Sénégal.

En 1991 donc, 89 stations constituaient le réseau, dont 24 équipées de plates-formes de télétransmission ARGOS. En dehors de ces stations télétransmises, il n'existe pratiquement pas de limnigraphes et les observations sont faites par les lecteurs sur les échelles de crue.

Les véhicules, qui ont été le plus souvent fournis dans le cadre de projets (OMM ou FAC), restent le principal problème de la DH. Pourtant en 1991 les tournées étaient à peu près régulières et s'effectuaient dans le cadre de l'entretien des balises HYDRONIGER. Depuis, avec la déconfiture du projet HYDRONIGER, la situation du réseau s'est considérablement dégradée.

Traitement des données

Les hauteurs d'eau parviennent à la DH sous 3 formes (feuilles des observateurs, hauteurs télétransmises par les plates-formes HYDRONIGER et OMVS, et par radio BLU). Des ingénieurs formés par l'ORSTOM sur HYDRONIGER transféraient en 1991 les archives de la DH et la banque Sénégal était alors pratiquement à jour.

Publication des données

la section Réseau publie un annuaire hydrologique (annuaire 1990 à l'édition en mai 1991), une note hydrologique annuelle sur la crue du Niger, un bulletin décadaire (AGRHYMET) et un bulletin hebdomadaire en hivernage.

Banques de données

La banque de données historiques gérée sous HYDROM était pratiquement complète pour le bassin du Sénégal en mai 1991 et arrêtée au début des années 80 pour les bassins du Niger et du Bani. Depuis, des travaux conduits par l'ORSTOM ont à peu près complété la banque de données Niger et Bani jusqu'à nos jours.

Dans cette banque, le logiciel HYDROM gère aussi les étalonnages et les transformations hauteur-débits. L'équipement informatique en 1991 était réduit à deux micro ordinateurs, dont un seul compatible PC.

Qualité des données

Les tests portant sur la qualité des données ont porté sur 5 stations (Diré, Kayes, Mopti, Douna, Koulikoro). Il en ressort que le niveau de qualité des hauteurs d'eau est resté assez bon, avec des périodes de faiblesse au moment des changements dans les projets d'assistance à la fin des années 60 et à la fin des années 70. La période 1984-90 montre une nette amélioration du niveau quantitatif des observations journalières.

La qualité des mesures de débit est elle aussi excellente, sans doute car les stations se détarent peu au Mali. Il conviendrait néanmoins de soigner davantage les nombreuse stations soumises au régime de non bi-univocité de la relation hauteur-débit.

L'analyse du nombre de jaugeages effectués chaque année durant la période 1950-1990 est très significative, puisqu'on passe par des maximum voisins de 190 jaugeages en 1956 et 1957, puis de 80 jaugeages de 1967 à 1971, puis de 50 jaugeages entre 1979 et 1990, avec cependant des arrêts presque complets des campagnes de jaugeages entre 1961 et 1967, puis entre 1973 1977, et une année mauvaise en 1987. Mis à part les mesures d'étiages, toujours difficiles, la qualité des jaugeages est très bonne.

Informations diverses et conclusions :

La Divison Hydrologie est bien structurée et possède les éléments nécessaires pour gérer le réseau malien, mais il lui manque une partie de la logistique nécessaire. La banque de données gagnerait évidemment à être intégralement transférée sous HYDROM.

Dans l'ensemble et compte tenu de la situation qui prévaut dans la zone de l'OSS, on peut considérer que le réseau malien faisait partie, fin 1991, des réseaux plutôt bien gérés. Il est à craindre que les péripéties survenues aux projets HYDRONIGER et OMVS ne compromettent cette image.

MALI Stations hydrométriques

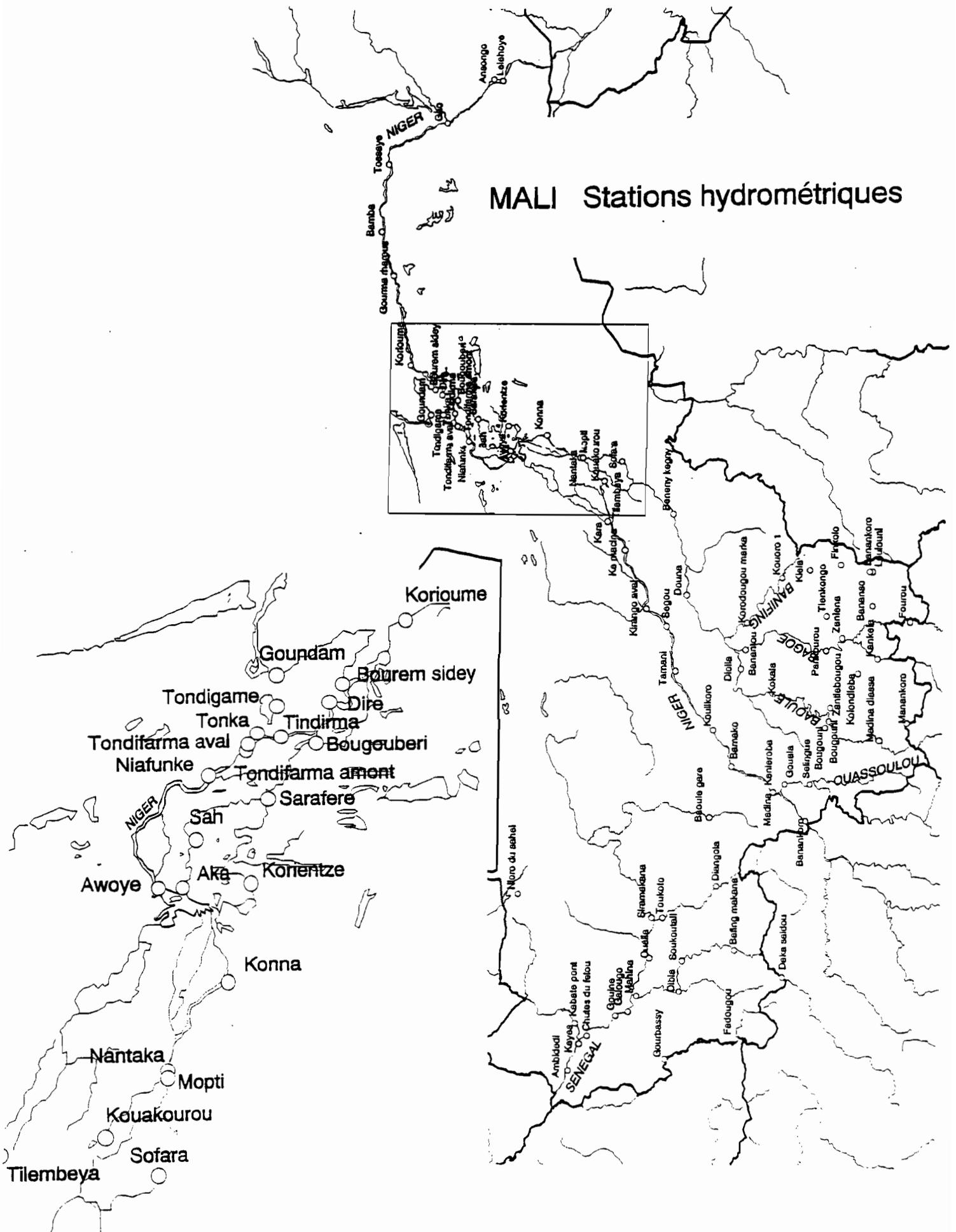


Tableau 4.2.1 - Stations observées en 1991

BASSIN DU NIGER

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE		LONGITUDE		ALT.	SUP.	ANNEE	DEBIT
			DMS	DMS	DMS	DMS				
1271500103	AKA	ISSA BER	N 15 24 00	W 004 14 00			307000	1955	O	
1271500106	ANSONGO	NIGER	N 15 40 00	E 000 30 00	242	566000		1950	O	
1271500109	BAMAKO	NIGER	N 12 37 08	W 008 00 00	316	117000		1949		
1271500110	BANANKORO	NIGER	N 11 41 05	W 008 40 03	329	70740		1967	O	
1271500112	BAMBA	NIGER	N 17 02 00	W 001 24 00	253			1967		
1271500118	DIRE	NIGER	N 16 17 00	W 003 24 00	258	366500		1924	O	
1271500121	GAO	NIGER	N 16 15 30	W 000 03 00	245	556000		1948		
1271500124	GOURMA RHAROUS	NIGER	N 16 53 00	W 001 56 00	254	410000		1954		
1271500127	KE MACINA	NIGER	N 13 58 00	W 005 21 00	277	147000		1953	O	
1271500130	KENTEROBA	NIGER	N 12 06 05	W 008 19 00	324	113000		1953		
1271500136	KIRANGO AVAL	NIGER	N 13 42 00	W 006 04 00	275	137000		1925	O	
1271500137	KONNA	NIGER	N 14 57 00	W 003 54 00	263			1975		
1271500138	KORIOUME	NIGER	N 16 40 00	W 003 02 00	256	360000		1963	O	
1271500139	KOUAKOUROU	NIGER	N 14 13 30	W 004 29 30	270	142000		1955		
1271500142	KOULKORO	NIGER	N 12 51 06	W 007 33 07	290	120000		1907	O	
1271500143	LABEZANGA AVAL	NIGER	N 14 28 00	E 000 41 00	227			1977		
1271500144	LELEHOYE	NIGER	N 15 33 00	E 000 29 00				1979		
1271500145	MOPTI	NIGER	N 14 30 00	W 004 12 00	261	281600		1922	O	
1271500148	NANTAKA	NIGER	N 14 32 00	W 004 12 00	261	281600		1953	O	
1271500151	NIAFUNKE	ISSA BER	N 15 56 00	W 003 59 00	258	348300		1926		
1271500160	SEGOU	NIGER	N 13 27 00	W 006 17 00	279	136500		1945		
1271500166	TAMANI	NIGER	N 13 20 05	W 006 50 00	282	131500		1952		
1271500172	TILEMBEYA	NIGER	N 14 09 00	W 004 59 00	267	152000		1952	O	
1271500175	TINDIRMA	ISSA BER	N 16 07 00	W 003 38 00	258			1955		
1271500176	TONKA	ISSA BER	N 16 08 00	W 003 45 00	258	300000		1954	O	
1271500178	TONDIFARMA AM.	ISSA BER	N 16 03 00	W 003 48 00	258			1955		
1271500179	TONDIFARMA AV.	ISSA BER	N 16 05 00	W 003 47 30	258			1955		
1271500181	TOSSAYE	NIGER	N 16 57 30	W 000 34 00	250	340000		1954	O	
1271502005	GOUALA	SANKARANI	N 11 57 07	W 008 13 04		35300		1953	O	
1271502010	SELINGUE	SANKARANI	N 11 38 05	W 008 13 05	325	34200		1964	O	
1271502706	DALADOUGOU	YAME	N 14 40 00	W 004 05 00				1990		
1271509005	TONDIGAME	LAC FATI	N 16 16 00	W 003 39 00				1955		
1271509105	KORIENTZE	KOLI-KOLI	N 15 25 00	W 003 47 00	257			1959		
1271509201	AWOYE	BARA ISSA	N 15 24 00	W 004 07 00				1990		
1271509202	BOUGOUBERI	BARA ISSA	N 16 05 00	W 003 28 00	257			1954		
1271509203	SARAFERE	BARA ISSA	N 15 49 00	W 003 42 00	259			1954	O	
1271509204	SAH	BARA ISSA	N 15 37 30	W 004 03 00	259			1976		
1271509406	KARA	DLAKA	N 14 11 00	W 005 00 00	267			1952	O	
1271509703	GOUNDAM	TASSAKAN	N 16 25 00	W 003 39 00	255			1931	O	
1271509805	BOUREM SIDAY	TIMBANYE	N 16 22 00	W 003 20 00	258	345000		1954		

Tableau 4.2.1 (suite 1) - Stations hydrologiques observées en 1991
BASSIN DU BANI

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE DMS	LONGITUDE DMS	ALT. en m	SUP. en km ²	ANNEE début	DEBIT en m ³ /s
1271600105	BENENY KEGNY	BANI	N 13 23 00	W 004 54 09	266	116 000	1951	0
1271600108	DOUNA	BANI	N 13 12 07	W 005 54 04	278	101 600	1922	0
1271600109	MOPTI	BANI/NIGER	N 14 30 00	W 004 12 00	261	281 600	1922	0
1271600111	SOFARA	BANI	N 14 01 00	W 004 14 30	263	129 400	1952	0
1271601202	FOUROU	BAGOE	N 10 25 00	W 006 13 00		9 800	1975	
1271601205	PANKOUROU	BAGOE	N 11 27 00	W 006 34 07	285	31 800	1956	0
1271601210	TIENKONGO	BAGOE	N 11 27 00	W 006 09 00		24 775	1971	
1271601215	TYO	BAGOE	N 12 27 00	W 006 33 00			1971	
1271601220	BANANTOU	BAGOE	N 12 28 00	W 006 34 00			1987	0
1271601505	KOUORO 1	BANIFING	N 12 01 03	W 005 41 09		14 300	1957	0
1271601510	KOLONDIÉBA	BANIFING	N 11 03 06	W 006 51 01		3 050	1971	0
1271601515	KOROD. MARKA	BANIFING	N 12 27 06	W 006 14 07		18 325	1971	0
1271601517	MPIELA	BANIFING	N 12 06 00	W 007 31 00			1990	
1271601520	ZANTIEBOUGOU	BANIFING	N 11 23 03	W 007 16 07		1 665	1975	
1271602005	BOUGOUNT	BAOULE	N 11 24 04	W 007 26 09	312	15 700	1956	0
1271602010	DIOILA	BAOULE	N 12 31 01	W 006 48 03	278	32 500	1953	0
1271602015	KOKALA	BAOULE	N 12 04 02	W 007 09 07		22 100	1971	0
1271602020	MADINA DIASSA	BAOULE	N 10 47 08	W 007 40 02		7 875	1971	0
1271603005	BOWARA	KOBI	N 11 07 00	W 006 04 00		280	1976	
1271603205	ZANIENA	DEKOROBOUGOU	N 11 15 04	W 006 25 02		736	1976	0
1271603305	KLELA	LOTIO	N 11 40 00	W 005 35 04		3 685	1976	0
1271603505	BANANSO	BAFINI	N 10 53 03	W 006 01 09		3 850	1976	0
1271603510	KANKELA	KANKELABA	N 10 49 01	W 006 40 00		7 175	1971	0
1271604056	MANANKORO	DEGOU	N 10 26 50	W 007 27 15			1975	0
1271604810	BOUGOUNT	MONO	N 11 27 00	W 007 31 00		930	1975	0
1271606005	LOULOUNT	KOBAFINI	N 10 53 04	W 005 36 03	352	800	1976	0
1271606508	FINKOLO	FARAKO	N 11 16 30	W 005 31 00		745	1976	

Tableau 4.2.1 (suite 2) - Stations observées en 1991
Bassin du Sénégal

N° HYDROM	STATION	RIVIERE	LATITUDE DMS	LONGITUDE DMS	ALT. en m	SUP. en km ²	ANNEE début	DEBIT en m ³ /s
1272600103	AMBIDEDI	SENEGAL	N 14 35 00	W 011 47	18	159000	1909	
1272600109	CHUTES DU FELOU	SENEGAL	N 14 21 00	W 011 21	24	131500	1932	0
1272600112	GALOUGO	SENEGAL	N 13 51 00	W 011 03	69	128400	1904	
1272600115	GOUINA	SENEGAL	N 14 00 00	W 011 06	48	128600	1956	0
1272600118	KAYES	SENEGAL	N 14 27 00	W 011 27	20	157400	1903	
1272601203	DAKA SAIDOU	BAFING	N 11 57 00	W 010 37	307	15700	1952	
1272601209	DIBLA	BAFING	N 13 14 00	W 010 48		33500	1956	
1272601212	MAHINA	BAFING	N 13 45 00	W 010 51	90	38400	1904	
1272601215	BAFING MAKANA	BAFING	N 12 35 00	W 010 17		21000	1954	
1272601218	MANANTALI	BAFING	N 13 12 00	W 010 27	151	27800	1986	
1272601412	OUALLA	BAKOYE	N 13 36 00	W 010 23	108	84700	1954	
1272601415	TOUKOTO	BAKOYE	N 13 27 00	W 009 53	161	16500	1954	
1272601418	DIANGOLA	BAKOYE	N 12 47 00	W 009 29	10	12100	1967	
1272601603	FADOUGOU	FALEME	N 12 31 00	W 011 23	119	9300	1952	
1272601606	GOURBASSY	FALEME	N 13 24 00	W 011 38		17100	1954	
1272601610	MOUSSALA	FALEME	N 12 31 00	W 011 18			1968	
1272601806	KABATE PONT	KOLINBINE	N 14 30 00	W 011 12	33	25285	1968	
1272604001	BAOULE GARE	BAOULE	N 12 53 00	W 008 38			1977	0
1272604005	MISSIRA	BAOULE	N 13 45 00	W 008 30			1969	
1272604006	SIRAMAKANA	BAOULE	N 13 35 00	W 009 53	157	58400	1954	
1272607809	INTORO DU SAHEL	FAKA	N 15 14 00	W 009 36		32	1978	0

Tableau 4.2.3 - Stations limnigraphiques télétransmises
(non comprises les stations OMS-ONCHOCERCOSE)

N° Code	N° ARGOS	Station	Cours d'eau	Latitude	Longitude	Organisme
1271500118	8780	DIRE	NIGER	N 16 17 00	W 003 24 00	HYDRONIGER
1271502010	9520	SELINGUE	SANKARANI	N 11 38 05	W 008 13 05	HYDRONIGER
1271500130	9522	KENIEROBA	NIGER	N 12 06 05	W 008 19 00	HYDRONIGER
1271500151	9523	NIAFUNKE	ISSA BER	N 15 56 00	W 003 59 00	HYDRONIGER
1271500103	9534	AKA	ISSA BER	N 15 24 00	W 004 14 00	HYDRONIGER
1271500106	9541	ANSONGO	NIGER	N 15 40 00	E 000 30 00	HYDRONIGER
1271500110	9530	BANANKORO	NIGER	N 11 41 05	W 008 40 03	HYDRONIGER
1271500127	9525	KE MACINA	NIGER	N 13 58 00	W 005 21 00	HYDRONIGER
1271500136	9527	KIRANGO AVAL	NIGER	N 13 42 00	W 006 04 00	HYDRONIGER
1271500138	9539	KORIOUME	NIGER	N 16 40 00	W 003 02 00	HYDRONIGER
1271500142	9531	KOULIKORO	NIGER	N 12 51 06	W 007 33 07	HYDRONIGER
1271509703	9536	GOUNDAM	TASSAKAN	N 16 25 00	W 003 39 00	HYDRONIGER
1271500148	9543	NANTAKA	NIGER	N 14 32 00	W 004 12 00	HYDRONIGER
1271601205	9532	PANKOUROU	BAGOE	N 11 27 00	W 006 34 07	HYDRONIGER
1271602005	9528	BOUGOUNI	BAOULE	N 11 24 04	W 007 26 09	HYDRONIGER
1271600105	9529	BENENY KEGNY	BANI	N 13 23 00	W 004 54 09	HYDRONIGER
1271600108	9533	DOUNA	BANI	N 13 12 07	W 005 54 04	HYDRONIGER
1271601505	9540	KOUORO 1	BANIFING	N 12 01 03	W 005 41 09	HYDRONIGER
1271602010	9542	DIOILA	BAOULE	N 12 31 01	W 006 48 03	HYDRONIGER
1272600118	8785	KAYES	SENEGAL	N 14 27 00	W 011 27 00	OMVS
1272601209	8787	DIBLA	BAFING	N 13 14 00	W 010 48 00	OMVS
1272601215	8786	BAFING MAKANA	BAFING	N 12 33 00	W 010 17 00	OMVS
1272601606	8781	GOURBASSY	FALEME	N 13 24 00	W 011 38 00	OMVS
1272601412	8780	OUALIA	BAKOYE	N 13 36 00	E 010 23 00	OMVS

Tableau 4.2.4 - Bassins expérimentaux

Bassin N° CODE	Station	Cours d'eau	Latitude D.M.S.	Longitude D.M.S.	Sup. (km ²)	Alt. (m)	Année Début/Fin
NIGER							
1271590190	COLLECTEUR BONBONNIERE	COLLEC. BAMAKO			2.03		1978/
1271590191	SOUDAN-CINE	COLLEC. BAMAKO			0.65		1978/
1271590192	COLLECTEUR HYDRAULIQUE	COLLEC. BAMAKO			0.76		1978/
1271590193	COLLECTEUR CHEMIN DE FER	COLLEC. BAMAKO			1.04		1978/
1271599011	STATION DOUNFING	DOUNFING	N 12 40 41	W 008 02 42	17.5		1954/1955
1271599031	BASSIN AMONT	TIN ADJAR	N 16 17 53	W 001 39 54	35.5		1956/1958
1271599032	BASSIN REDUIT AVAL	TIN ADJAR	N 16 19 00	W 001 41 41	16.5		1958/1958
1271599051	DEGUELA	KOBA	N 12 01 51	W 008 22 51	92.3		1960/1960
							1968/1968
1271599052	MADINA	DJITIKO	N 12 03 16	W 008 22 38	1052		1960/1960
							1968/1968
BANI							
1271699021	STATION 1	KOUMBAKA	N 13 57 46	W 004 12 50	87		1955/1957
1271699022	SINKORONI	KOUMBAKA	N 13 54 07	W 004 13 00	8.9		1956/1957
1271699023	STATION 2 AMONT	KOUMBAKA	N 13 55 10	W 004 11 18	30.4		1956/1957
1271699041	BANANKORO	FARAKO	N 10 55 37	W 005 35 57	360	68	1959/1959

A1-3 : Niger

Date de la mission d'expertise :

2 au 25 mars 1991

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Le réseau hydrométrique nigérien a été successivement géré par le Service de l'Hydraulique de l'AOF, l'ORSTOM (jusqu'en 1971), le Service du Génie Rural (jusqu'en 1979) et la Direction des Ressources en Eau du Ministère de l'Hydraulique. De 1972 à 1982, l'ORSTOM assistait les services nigériens dans le cadre de conventions biennales financées par le Fonds d'Aide et de Coopération français. En 1984, avec la création des Directions Départementales de l'Hydraulique, une partie de la collecte fut décentralisée.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

La gestion des eaux de surface du Niger était donc confiée en 1991 au Service Hydrologique de la Direction des Ressources en Eau (DRE) du Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, et aux Services des Ressources en Eau des 7 Directions Départementales de l'Hydraulique (DDH).

Le Service Hydrologique est un des 3 services de la DRE. Il est composé de 2 sections :

- La section Mesures et Maintenance, qui gère les stations hydrologiques situées sur le fleuve Niger et ses affluents des départements de Tillabery et Dosso.
- et la section Informatique et Publications, qui assure le traitement de l'information.

Il entretient des relations fonctionnelles avec les Services des ressources en Eau (SRE) des 5 DDH qui ont la responsabilité de la gestion du réseau hydrométrique dans les départements d'Agadez, Diffa, Maradi, Tahoua, Zinder.

Le projet HYDRONIGER gère 9 stations sur le fleuve Niger et ses principaux affluents.

Personnel

Le Service Hydrologique central compte 2 ingénieurs hydrologues, 2 techniciens supérieurs, 1 aide opérateur et 5 ouvriers spécialisés. Les brigades hydrologiques basées dans 7 départements comptent 5 techniciens supérieurs et 2 aides opérateur, avec des ouvriers spécialisés et chauffeurs partagés entre les services. 50 observateurs environ sont utilisés pour effectuer les relevés de hauteurs d'eau.

Ces personnels ont en général reçu une formation initiale d'AGRHYMET et de l'ORSTOM et participent assez régulièrement à des recyclages.

Budget

Il n'existe pas de budget précis du Service Hydrologique central et des différentes brigades départementales. Le seul budget précis concerne la DRE et donc ses 3 services, hydrologique, hydrogéologique et inventaire des ressources en eau. En 1990 ce budget s'élevait à 13 millions CFA et en 1991 à 8,4 millions CFA. Ce qui paraît notablement insuffisant.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

On peut distinguer actuellement (1991) 3 types de stations hydrométriques :

- 50 stations limnimétriques avec des observateurs ont été installées au Niger, dont il subsistait 29 en mars 1991,
- 22 stations limnigraphiques sur les principaux affluents du Niger et les vallées sèches, qui depuis 1980 faute de crédit fonctionnent comme stations limnimétriques,
- 9 stations du réseau HYDRONIGER.

Il exista aussi des stations sur les bassins expérimentaux de l'ORSTOM. En 1991 il ne restaient que la dizaine de stations du projet Hapex.

Enfin 10 mares du département de Tillabery font l'objet d'un suivi des hauteurs d'eau.

En résumé le réseau se compose donc officiellement de 51 stations, dont les 9 stations télétransmises du projet HYDRONIGER, toutes les autres étant limnimétriques. En fait beaucoup de stations considérées comme opérationnelles sont en fait à rénover, car depuis la réforme administrative de 1984 les stations gérées par les directions départementales sont défaillantes. Depuis 1987, les données ne viennent plus à Niamey pour un grand nombre de stations.

Le parc de véhicules est particulièrement insuffisant et les tournées de contrôle n'existaient pratiquement plus en 1991 depuis plusieurs années.

Traitement des données

Le logiciel HYDRONIGER, disponible sur 2 micro ordinateurs à Niamey sert à archiver dans une banque de données les rares données parvenues à Niamey de la période 1985-1990. Les données télétransmises ne sont pas recueillies par le Service Hydrologique qui dépend donc du projet HYDRONIGER. La préoccupation en 1991 du service était de rattraper le retard dans la saisie des données existantes.

Publication des données

Le dernier annuaire sorti est celui de 1981, publié en 1990. Il n'est pas de bonne qualité. L'accessibilité des données de la dernière décennie est devenue très aléatoire compte tenu de la désorganisation du service.

Banques de données

La banque de données ORSTOM était à jour jusqu'à la fin des années 70. Le retard dans sa complémentation est considérable. Sur cinq stations importantes expertisées, le pourcentage des mois incomplets est supérieur à 10 % à partir de 1980 pour les stations qui ne sont pas HYDRONIGER. Même la station du Niger à Niamey comporte un certain nombre de lacunes durant les 15 dernières années.

Qualité des données

La qualité de ces données et particulièrement des débits est généralement mauvaise (sauf pour les stations HYDRONIGER), car le nombre de jaugeages est allé en diminuant, alors qu'il s'agit souvent de stations très instables. De 1980 à 1990 le nombre annuel de jaugeages est passé d'une centaine (en 1980, 1981 et 1983) à moins d'une quarantaine en 1988 et 1990, avec pratiquement aucun jaugeage en 1983, et 1986-1987. Les comparaisons entre débits calculés d'après les observations limnimétriques et débits jaugés est assez catastrophique sur les stations de référence choisies. On peut donc fortement douter de la qualité de l'ensemble des données hydrologiques du réseau nigérien, exceptées les stations HYDRONIGER.

Informations diverses et conclusions :

En conclusion, on peut dire que, si les données de la première période d'observations achevée en 1979 par la publication de la Monographie hydrologique révisée du Niger sont de bonne qualité en hauteurs et en débits, à partir de 1980 la situation se dégrade rapidement, d'abord pour les débits par suite de la mauvaise qualité des jaugeages, puis à partir des 1985 pour les hauteurs d'eau aussi, qui ne parviennent plus à Niamey.

En préalable à l'édition des annuaires en retard, il semblait indispensable en 1991 de recommander de réaliser un inventaire exhaustif des données disponibles au niveau des directions départementales, et d'effectuer une critique vigoureuse des données de hauteurs d'eau et encore plus de jaugeage.

En résumé et malgré la proximité d'HYDRONIGER, le service hydrologique du Niger est l'un de ceux qui s'est le plus vite dégradé, sans doute en grande partie par suite d'une décentralisation non réussie.

Tableau 4.2.3 : Inventaire des stations HYDRONIGER

Code HYDRONIGER	Cours d'eau	Station	Latitude	Longitude
1321500053	NIGER	KANDADJI	N 14 36 37	E 00 59 26
1321500048	NIGER	NIAMEY	N 13 40 56	E 02 05 10
1321500043	NIGER	W	N 12 34 17	E 02 37 25
1321500054	GOROUOL	ALCONGUI	N 14 45 00	E 00 36 00
1321500051	DARGOL	KAKASSI	N 13 51 00	E 01 26 00
1321500050	SIRBA	GARBE KOUROU	N 13 44 00	E 01 37 00
1321500046	GOROUBI	DIONGORE AVAL	N 13 57 00	E 02 16 00
1321500044	TAPOA	CAMPEMENT W	N 12 28 00	E 02 25 00
1321500041	MEKROU	BAROU	N 12 21 00	E 02 45 00

Figure 4.2.1 Réseau hydrométrique en service en 1991

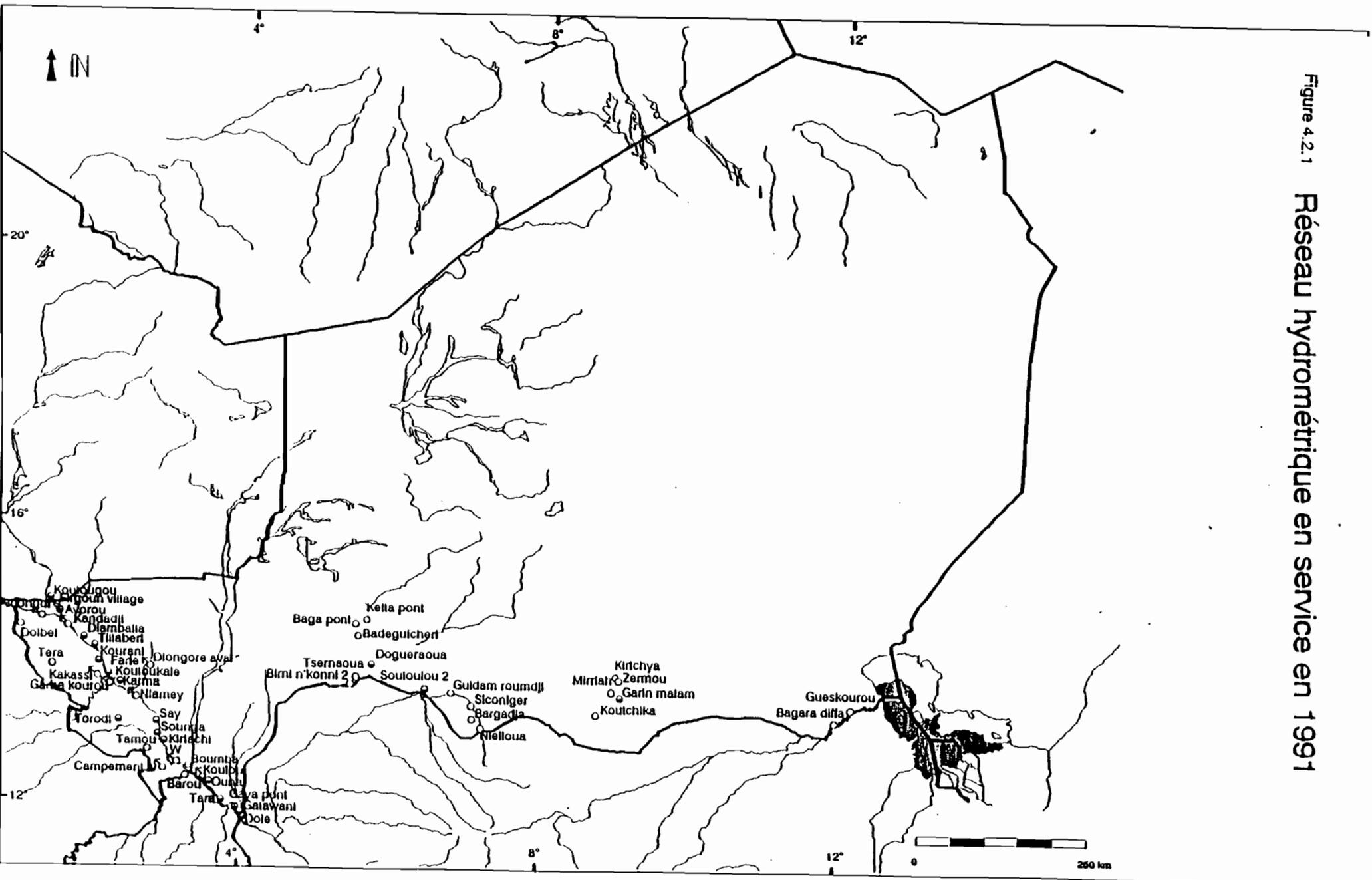


Tableau 4.2.2 : Liste des stations hydrométriques

Code	Cours d'eau	Station	Latitude	Longitude	Type	Eq.	Obs.	Année ouverture	Année fermeture	Divers	Débit	Etat	Séd.	Qual
1321500155	NIGER	KOUTOUGOU	N 14 56 39	E 00 46 52	R	1	0	1975			0	-	0	0
1321500141	NIGER	FIRGOUN 1954	N 14 51 47	E 00 52 23	R	1	N	1954	1959		0	-	0	0
1321500142	NIGER	FIRGOUN 1961	N 14 51 47	E 00 52 23	R	1	N	1961	1964		0	-	0	0
1321500143	NIGER	FIRGOUN VILLAGE	N 14 49 07	E 00 52 17	R	1	0	1975			0	-	0	0
1321500101	NIGER	AYOROU	N 14 44 15	E 00 54 51	R	1	0	1975			0	-	0	0
1321500117	NIGER	KANDADJI	N 14 36 37	E 00 59 26	R	3	0	1975			0	-	0	0
1321500112	NIGER	FAMALE	N 14 32 33	E 01 04 10	R	1	N	1961	1964		2	1	0	0
1321500135	NIGER	DIAMBALLA	N 14 19 45	E 01 17 00	R	1	0	1973			0	-	0	0
1321500103	NIGER	DAIKEINA	N 14 10 17	E 01 28 32	R	1	N	1955	1959		0	-	0	0
1321500106	NIGER	DIEDIA	N 14 08 08	E 01 30 27	R	1	N	1955	1959		0	-	0	0
1321500133	NIGER	TILLABERI	N 14 12 25	E 01 26 43	R	1	0	1924		lac. 32-52	0	-	0	0
1321500122	NIGER	KOURANI	N 13 58 00	E 01 30 00	R	1	0	1974			0	-	0	1
1321500113	NIGER	FARIE	N 13 47 15	E 01 38 55	R	1	0	1974			0	-	0	0
1321500122	NIGER	KOUTOUKALE	N 13 42 35	E 01 42 37	R	1	0	1975			0	-	0	0
1321500150	NIGER	KARMA	N 13 39 48	E 01 49 31	R	1	N	1972		lac. 80-84	0	-	0	0
1321500127	NIGER	NIAMEY	N 13 40 56	E 02 05 10	R	3	0	1928		lac. 36-41	0	-	0	0
1321500109	NIGER	DOUNGA KOLO	N 13 20 00	E 02 17 50	R	1	N	1957	1959	nb. lac.	2	1	0	1
1321500124	NIGER	MOLLI KOLO	N 13 19 10	E 02 18 10	R	1	N	1956	1962	lac. 60-61	0	-	0	0
1321500120	NIGER	KOLO AVAL	N 13 18 00	E 02 19 00	R	1	N	1957	1959	nb. lac.	0	-	0	0
1321500170	NIGER	SOUNGA	N 12 54 23	E 02 23 06	R	1	0	1975		lac. 83-89	0	-	0	0
1321500136	NIGER	W	N 12 34 17	E 02 37 25	R	3	0	1961		arrêt 63-85	0	-	0	0
1321500119	NIGER	KIRTACHI	N 12 48 00	E 02 29 00	R	1	0	1978			2	1	0	0
1321500102	NIGER	BOUMBA	N 12 24 16	E 02 50 45	R	1	0	1978			0	-	0	0
1321500121	NIGER	KOULOJ	N 12 12 52	E 03 03 50	R	1	0	1961		lac. 63-77	0	-	0	0
1321500163	NIGER	OUNA	N 12 09 50	E 03 09 40	R	1	0	1978			0	-	0	0
1321500173	NIGER	TARA	N 11 53 20	E 03 20 33	R	1	0	1978			0	-	0	0
1321500118	NIGER	GAYA VILLE	N 11 52 30	E 03 27 03	R	1	N	1957	1959		0	-	0	0
1321500116	NIGER	GAYA PONT	N 11 52 50	E 03 27 50	R	1	0	1952		Obs. irrég.	0	-	0	0
1321500145	NIGER	GATAWANI	N 11 46 53	E 03 33 30	R	1	0	1977			2	1	0	0
1321500138	NIGER	DOLE	N 11 42 33	E 03 37 38	R	1	0	1977			0	-	0	0
1321501806	GOROUOL	DOLBEL	N 14 37 00	E 00 17 00	R	1	0	1961			0	-	0	0
1321501803	GOROUOL	ALCONGUI	N 14 45 00	E 00 36 00	R	3	0	1957			2	2	0	0
1321501206	DARGOL	TERA	N 14 01 00	E 00 45 00	R	1	0	1954		nb. lac. 54-61	2	1	0	0
1321501203	DARGOL	KAKASSI	N 13 51 00	E 01 26 00	R	3	0	1956		lac. 61	2	2	0	0
1321502403	SIRBA	GARBE KOUROU	N 13 44 00	E 01 37 00	R	3	0	1956		lac. 59-61	2	1	0	0
1321501001	Korï OUALLAM	SOREY	N 13 26 30	E 02 14 00	R	3	N	1976	1985	gestion ORSTOM	0	-	0	0
1321501606	GOROUBI	TORODI	N 13 07 00	E 01 48 00	R	1	0	1980			0	-	0	0
1321501603	GOROUBI	DIONGORE	N 13 57 00	E 02 16 00	R	1	N	1962	1970		0	-	0	0
1321501604	GOROUBI	DIONGORE AVAL	N 13 57 00	E 02 16 00	R	3	0	1970			2	2	0	0
1321501403	DIAMANGOU	TAMOU	N 12 46 00	E 02 11 00	R	3	0	1962		obs. peu fiable	2	2	0	0
1321502703	TAPOA	CAMPEMENT W	N 12 28 00	E 02 25 00	R	3	0	1963			2	2	0	0
1321502103	MEKROU	BAROU	N 12 21 00	E 02 45 00	R	3	0	1961			2	1	0	0

Tableau 4.2.2 : Liste des stations hydrométriques (suite)

Code	Cours d'eau	Station	Latitude	Longitude	Type	Eq.	Obs.	Année ouverture	Année fermeture	Divers	Débit	Etal	Séd.	Qual
1321504503	HAGGIA	AYAOJANE	N 14 20 20	E 05 50 20	R	3	N	1962	1966		2	2	0	0
1321504511	HAGGIA	TABOE	N 14 13 00	E 05 45 00	R	3	N	1981	1982		0	-	0	0
1321504509	HAGGIA	KAOUJARA	N 14 05 00	E 05 39 30	R	1	N	1962	1966		0	-	0	0
1321504508	HAGGIA	DOGUERAOUJA	N 13 58 00	E 05 37 00	R	3	O	1979			0	-	0	0
1321504515	HAGGIA	TSERMAOUJA	N 13 53 00	E 05 20 00	R	1	O	1954			0	-	0	0
1321504505	HAGGIA	BARRAGE ZANGO	N 13 52 30	E 05 22 46	S	3	N	1978	1979	lac. 55-60	2	1	0	0
1321504512	HAGGIA	TIERASSA 1	N 13 49 30	E 05 17 00	R	3	N	1956	1974		0	-	0	0
1321504513	HAGGIA	TIERASSA 2	N 13 49 30	E 05 17 00	R	3	N	1975	1978		2	1	0	0
1321504506	HAGGIA	BIRNI N'KONNI 1	N 13 47 00	E 05 15 00	R	3	N	1956	1972	lac.60-62	2	1	0	0
1321504507	HAGGIA	BIRNI N'KONNI 2	N 13 47 00	E 05 15 00	R	3	O	1972			2	2	0	0
1321505003	Kori BADEGUICHERI	BADEGUICHERI	N 14 30 00	E 05 22 00	R	3	O	1965			2	2	0	0
1321508506	ZOUROUROU	KEITA PONT	N 14 45 00	E 05 30 00	R	3	O	1971			2	2	0	0
1321508507	ZOUROUROU	KEITA BARRAGE	N 14 45 00	E 05 30 00	S	1	N	1957	1960		2	2	0	0
1321508508	HARE KEITA	KEITA	N 14 45 00	E 05 30 00	R	1	N	1957	1958		0	-	0	0
1321508503	ZOUROUROU	BAGA PONT	N 14 41 00	E 05 20 00	R	3	O	1972			0	-	0	0
1321506503	Goulbi de GABI	BARGADJA	N 13 17 00	E 07 05 00	R	3	O	1962			2	2	0	0
1321506502	Goulbi de GABI	Rte. de MARAKA	N 13 19 00	E 07 07 00	R	1	N	1961	1961		2	2	0	0
1321506710	Goulbi de MARADI	NIELLOUA	N 13 09 00	E 07 13 00	R	3	O	1957		lac. 60	0	-	0	0
1321506706	Goulbi de MARADI	MADAROUFMA	N 13 19 00	E 07 10 00	R	3	N	1956	1979	lac. 59-60	2	2	0	0
1321506719	Goulbi de MARADI	TARNA	N 13 26 00	E 07 04 00	R	1	N	1961	1964		2	2	0	0
1321506713	Goulbi de MARADI	SICONIGER	N 13 28 47	E 07 04 13	R	3	O	1977			0	-	0	0
1321506721	Goulbi de MARADI	TIBIRI	N 13 34 00	E 07 03 00	R	1	N	1982	1985		2	1	0	0
1321506703	Goulbi de MARADI	GUIDAM ROUMDJI	N 13 40 00	E 06 46 00	R	1	O	1956		lac. 59	2	2	0	0
1321506715	Goulbi de MARADI	SOULOULO 1	N 13 36 00	E 06 27 00	R	1	N	1962	1964		0	-	0	0
1321506716	Goulbi de MARADI	SOULOULO 2	N 13 37 00	E 06 25 00	R	1	O	1982			0	-	0	0
1321506705	TAGWAL	GUIDAN KATA	N 22 22 22	E 22 22 22	R	1	O	1981			0	-	0	0
1324004003	KORAMA	KOUTCHIKA	N 13 22 00	E 08 58 00	R	3	O	1956		lac. 59-60 65	2	1	0	0
1324004006	KORI GAI	GARIN MALAM	N 13 31 00	E 09 23 00	R	1	O	1980			0	-	0	0
1324000103	KOMADOUGOU	BAGARA DIFFA	N 13 17 00	E 12 36 00	R	1	O	1957		lac. 59-61	2	1	0	0
1324000106	KOMADOUGOU	GUESKOUROU	N 13 29 00	E 12 51 00	R	1	O	1957		lac. 59	2	1	0	0
1324004005	ZERMOU	KIRTCHYA	N 13 55 00	E 09 16 00	R	3	O	1980			2	1	0	0
1324004001	ZERMOU	ZERMOU	N 13 52 00	E 09 19 00	R	3	O	1980			2	2	0	0
1324007243	Kori de MAINARI	MIRRIAH	N 13 42 00	E 09 12 00	R	3	O	1976			2	2	0	0
1321509308	CANAL	MADAROUFMA	N 13 19 00	E 07 06 00	R	1	N	1967	1971		0	-	0	0
1321509107	LAC	MADAROUFMA	N 13 18 00	E 07 09 00	R	1	N	1956	1979	lac.59 61-69	0	-	0	0
1321509404	CANAL	BARRAGE ZANGO	N 13 52 30	E 05 22 46	R	1	N	1978	1979		0	-	0	0
1320109014	Lac TCHAD	NGUIGHI 1	N 14 14 00	E 13 08 00	R	3	N	1955	1976		0	-	0	0
1390109015	Lac TCHAD	NGUIGHI 2	N 14 14 00	E 13 08 00	R	1	N	1976	1979		0	-	0	0

A1-4 : Tchad

Date de la mission d'expertise :

3 au 24 juin 1991

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

La première échelle installée au Tchad fut celle de Lai sur le Logone en 1903, suivie par l'échelle de Fort Lamy en 1906 et Bol sur le lac Tchad en 1908. C'est au début des années 50 que fut installé le premier réseau hydrologique du Tchad par la Commission Scientifique du Logone et du Tchad (1948) puis par l'ORSTOM, qui l'exploita jusqu'en 1979. Créé dès 1975 au sein du Bureau de l'Eau, le Service Hydrologique national ne commença à être opérationnel qu'à partir de 1978. Par contrat entre l'OMM et l'ORSTOM, cet organisme engagea le transfert de la gestion du réseau au service hydrologique national, transfert qui fut interrompu en 1979 par la guerre civile.

De 1979 à 1982, les observations sur le réseau furent totalement interrompues, mais à partir de 1982 le Service hydrologique entamait une première réhabilitation du réseau et la reconstitution du fichier hydrométrique. Avec des interruptions dues à la situation du pays, l'OMM, à travers le programme AGRHYMET, n'a pas ménagé son soutien au réseau hydrologique du TCHAD.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

L'hydrologie de surface est actuellement confiée au Service Hydrologique de la Direction des ressources en Eau et de la Météorologie (DREM), récemment (1990) placée sous la tutelle du Ministère des Mines, de l'Energie et des Ressources en Eau. Les attributions de la DREM sont relativement peu précises concernant l'hydrologie, mais une note interne fixe les attributions du Service Hydrologique. Quatre projets OMM successifs ont concerné en fait l'ensemble des activités de la DREM, assurant la formation des personnels, la réhabilitation partielle du réseau et la mise en place d'une banque informatisée.

Le Service Hydrologique est composé de deux bureaux, un bureau Hydrométrie chargé de la gestion du réseau hydrométrique, dont dépendent 4 brigades (N'Djamena, Moundou, Sarh et Ati), et un bureau Etudes et Publications qui appuie le bureau d'hydrométrie pour les dépouillements et la publication des données.

Le Service Hydrologique entretient des relations avec notamment la CBLT et un programme OMS-OCP.

Personnel

L'ensemble du personnel a été formé en liaison avec le projet AGRHYMET et dans le cadre des contrats avec l'OMM cités. Le personnel se compose actuellement (1990) de 6 ingénieurs et 5 techniciens supérieurs (plus 2 techniciens en formation à l'AGRHYMET). Ce personnel bénéficie régulièrement de formation continue, notamment dans le cadre des stages organisés par l'ORSTOM.

Budget

Le budget du Service Hydrologique est fondu dans celui de la DREM. Une estimation du budget particulier du Service hydrologique a été tentée : il s'élèverait (1991) à environ 15 millions de F CFA, y compris les indemnités des observateurs et le fonctionnement des brigades. ce budget paraît ainsi estimé au plus juste, hors salaires des agents permanents du service Hydrologique.

Ce budget qui fut suffisant durant toute la période des contrat OMM/AGRHYMET, risque très probablement de devenir très insuffisant à la fin de ces projets avec le retour de la seule dotation de l'état.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

Le réseau comprenait 60 stations en 1955, 64 en 1965 et 55 en 1975. Les mesures furent totalement suspendues entre 1979 et 1982. Relancé en 1982 grâce à la coopération de l'OMM, le réseau comportait 55 stations en 1990, dont 48 sur des cours d'eau et 7 sur les lacs ou deltas. Le rattachement aux anciennes échelles, dans la plupart des cas ne put se faire qu'en comparant les résultats des jaugeages. 11 seulement de ces stations sont équipées de limnigraphes à flotteurs et un effort en ce sens serait nécessaire pour les rivières à variation rapide.

Le matériel hydrométrique est en nombre suffisant et de qualité. Le parc automobile était tout juste suffisant en 1991 et commençait à vieillir. Le Service est plutôt bien conduit et les tournées de terrain (tout au moins dans la zone sud du territoire) se font correctement en 1991.

Traitement des données

Le traitement des données se fait d'une façon moderne et informatisée avec le logiciel HYDROM. Cette informatisation quasi totale, originale en Afrique de l'Ouest, provient de la jeunesse et de la haute qualification du personnel du Service.

Publication des données

Les données anciennes, antérieures à 1979, firent l'objet de multiples publications plusieurs fois remise à jour (Monographies hydrologiques du Chari, du Logone et du Lac Tchad). Les données postérieures à 1982 sont publiées par le Service Hydrologique dans des annuaires publiés avec peu de retard (l'annuaire 1989-90 sera publié en juillet 1991).

Banques de données

Les données antérieures à 1979, y compris les données des nombreux bassins versants suivis par l'ORSTOM, figurent dans la banque de données HYDROM de l'ORSTOM, qui fut aussi restituée au nouveau Service Hydrologique. Les données limnimétriques observées (archives primaires) sont complètes (à l'exception des lacunes d'observation) pour l'ensemble du réseau reconstitué de 1982 (partiel) à mai 1991. Pour cette période postérieure à 1982, toutes les données limnimétriques de 1982 à 1990, pour 20 stations, étaient déjà saisies lors du passage de la mission d'experts en 1991. Les données des autres stations devaient être terminées de saisir d'ici la fin 1991.

Les jaugeages sont dépouillés et archivés aussi avec le logiciel HYDROM.

Qualité des données

Pour 5 stations sur les 12 années 1978/79 à 1989/90, sont disponibles les pourcentages de lacune, qui en moyenne passe de 54 % pendant la période des troubles (1978-1984) à moins de 8 % pour la période récente. Ce pourcentage ne dépasse pas même 5 % pour la période de saison des pluies. On peut donc dire que les observations limnimétriques sur le réseau réhabilité étaient satisfaisantes jusqu'en 1991. Les observations limnigraphiques sont également satisfaisantes si l'on considère les difficultés habituelles liées aux limnigraphes à flotteur en zone sahélienne. On notera par contre que le limnigraphe de Kalom sur le lac Tchad est défectueux le plus souvent.

Les tests effectués sur les étalonnages de 5 stations ne se sont pas révélés très satisfaisants, surtout pour les basses eaux à cause des détarrages, mais aussi pour les hautes eaux. Une attention particulière devrait donc être portée aux étalonnages sur l'ensemble du réseau, mais aussi aux conditions de tracé des courbes d'étalonnage, souvent faites par des jeunes ingénieurs inexpérimentés.

Informations diverses et conclusions :

En conclusion et malgré les périodes troublées traversées par le Tchad, ce nouveau réseau hydrologique tchadien apparaît comme bien géré et efficace, témoin de ce que peuvent être les résultats d'une assistance technique bien conduite. Il faudra bien sûr voir à l'usage ce qu'il deviendra lorsque cette aide s'éloignera, compte tenu surtout des difficultés politiques dont le Tchad ne semble pas se défaire.

Fig-4-2-1
Tchad sud

GIE ORSTOM-EDF HYDROCONSULT International

A1-22

OSS - Evaluation des réseaux hydrologiques

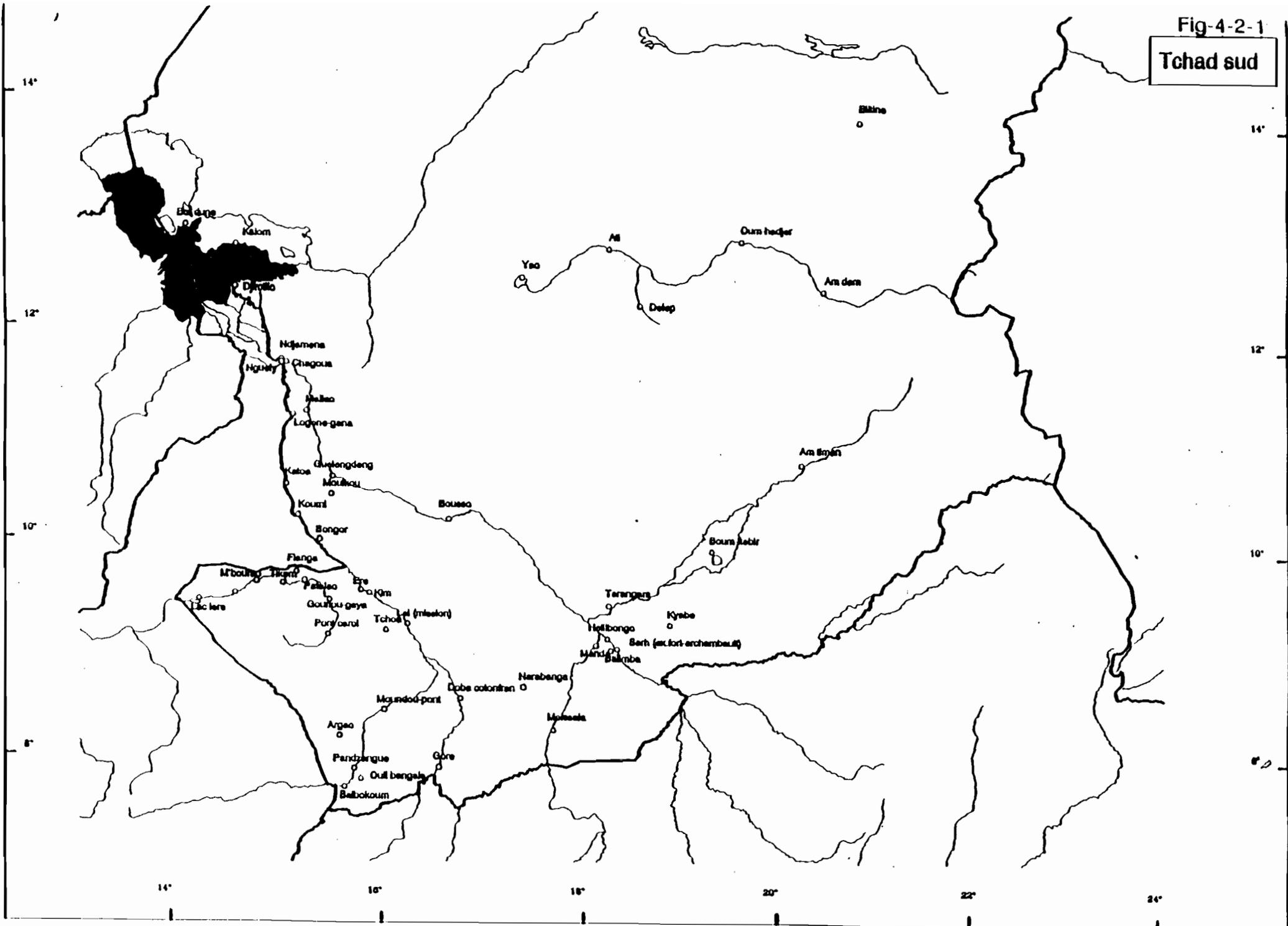


Tableau 4.2.1 - Inventaire des stations hydrométriques en service

au 31/12/1990

* BASSIN DU CHARI

NUMERO		RIVIERE	STATION	Latitude DD.MM	Longitude DD.MM	Surface du B.V KM ²	T Y P E	E Q U I P	O B S	Début	Fin	Dé- bit	Etal
146	0 200 121	CHARI	N'DJAMENA TP	12.07	15.02	600 000	R	1	0	1953		2	1
146	0 200 112	CHARI	DJIMTILO	12.50	14.34		L	1	0	1953			
146	0 200 109	CHARI	CHAGOUA	12.05	15.05	510 000	R	1	0	1954		2	1
146	0 200 133	CHARI	MAILAO	11.35	15.17	500 000	R	1	0	1953		2	1
146	0 200 124	CHARI	GUELENDENG	10.55	15.33	470 000	R	1	0	1952		(2)	(1)
146	0 200 106	CHARI	BOUSSO	10.29	16.43	450 000	R	1	0	1936		2	1
146	0 200 130	CHARI	HELLIBONGO	09.15	18.19	217 000	R	1	0	1962			
146	0 200 118	CHARI	SARH	09.09	18.25	193 000	R	1	0	1938		2	1
146	0 201 406	BAHR KEITA	KYABE	09.24	18.57	14 000	R	1	0	1952		(2)	(1)
146	0 201 606	BAHR KO	BALIMBA	09.08	18.21	7 850	R	1	0	1951		2	1
146	0 201 903	BAHR SARA	MANDA	09.11	18.12	80 000	R	1	0	1951		2	3
146	0 201 906	BAHR SARA	MOISSALA	08.20	17.46	67 600	R	1	0	1951		2	1
146	0 202 603	BAHR SALAMAT	TARANGARA	09.36	18.20	135 000	R	1	0	1952		2	1
146	0 203 501	BAHR AZOUM	AM-TIMAN	11.04	20.18	80 000	R	1	0	1954		(2)	1
146	0 204 506	PETIT MANDOUL	NARABANGA	08.46	17.28	4 100	R	1	0	1960		1	3
		CHARI	KOUNO				R	1	0	1990			
		LAC IRO	BOUM KEBIR	10.10	19.23	455	L	1	0	1959			

* BASSIN DU LOGONE

NUMERO		RIVIERE	STATION	Latitude D.MM	Longitude DD.MM	Surface du B.V KM ²	T Y P E	E Q U I P	O B S	Début	Fin	Dé- bit	Etal
146	0 300 164	LOGONE	N'GUELY	12.05	16.02	77 650	R	1	0	1984			
146	0 300 163	LOGONE	LOGONE GANA	11.33	15.09	73 000	R	1	0	1953		2	1
146	0 300 145	LOGONE	KATOA	10.50	15.05		R	1	0	1948		2	2
146	0 300 154	LOGONE	KOUMI	10.31	15.12		R	1	0	1953		2	1
146	0 300 112	LOGONE	BONGOR	10.16	15.25	72 000	R	1	0	1952		2	1
146	0 300 124	LOGONE	ERE	09.45	15.50	68 700	R	1	0	1935		2	1
146	0 300 148	LOGONE	KIM	09.43	15.55		R	1	0	1948			
146	0 300 157	LOGONE	LAI	09.24	16.18	60 320	R	1	0	1953		2	1
146	0 300 172	LOGONE	MOUNDOU P ^c	08.32	16.04	33 970	R	3	0	1956		2	2
146	0 300 173	LOGONE	PANDZANGUE	07.56	15.46	33 000	R	1	0	1935			
146	0 300 103	LOGONE	BAIBOKOUM	07.45	15.40	21 360	R	3	0	1951		2	1
146	0 301 215	BA-ILLI	MOULKOU	10.44	15.32		R	1	0	?		2	
146	0 301 403	LIM	OULIBANGALA	07.50	15.50	4 360	R	3	0	1951		2	1
146	0 302 507	PENDE	DOBA COTON	08.39	16.50	14 300	R	1	0	1966		2	1
146	0 302 509	PENDE	GORE	07.57	16.37	12 020	R	3	0	1955		2	1
146	0 302 706	TANDJILE	BOLOGO	09.07	15.48	3 850	R	1	0	1950		2	1
146	0 302 712	TANDJILE	TCHOA	09.20	16.05	5 870	R	1	0	1954		2	1
146	0 302 003	NYA	ARGAO	08.16	15.37	2 840	R	1	0	1963		2	1

**** BASSIN DU BA THA**

NUMERO		RIVIERE	STATION	Latitude DD.MM	Longitude DD.MM	Surface du B.V KM ²	T Y P E	E Q U I P	O B S	Début	Fin	Dé- bit	Etat
146	4 000 103	BA THA	AM DAM	12.46	20.28	10 600	R	3	0	1958		2	2
146	4 000 109	BA THA	ATI	13.12	18.19	46 000	R	3	0	1955		2	2
146	4 000 115	BA THA	OUM HADJER	13.18	19.41	32 950	R	3	0	1955		2	2
146	4 002 205	MELMELE	DELEP	12.41	18.39	975	R	1	0	1959			
146	4 009 505	LAC FITRI	YAO	12.51	17.33	70 000	L	1	0	1955			
		BA THA	KOUNDJOUROU				R	1	0	1990			
		BAM BAM	BIRNY				R	1	0	1990			
		TOUNDOURNE	MAGRANE				R	1	0	1990			
		OUADI BILTINE	BILTINE	14.31	20.54		R	1	0	1988			
		LAC OUNIANGA- KEBIR	OUNIANGA KEBIR	19.00	21.30		L	1	0	1990			

**** BASSIN DU MAYO KEBBI**

NUMERO		RIVIERE	STATION	Latitude DD.MM	Longitude DD.MM	Surface du B.V KM ²	T Y P E	E Q U I P	O B S	Début	Fin	Dé- bit	Etat
146	1 702 008	LAC LERE	LERE	9.39	14.14	19 210	L	1	0	1955			
146	1 702 009	MAYO KEBBI	M ^B BOURAO	9.50	14.47	12 880	R	3	0	1961		2	1
146	1 709 803	LAC TIKEM	TIKEM	9.49	15.03	7 620	L	1	0	1948			
146	1 704 003	KABIA	GOUNOU GAYA	9.39	15.31	3 840	R	3	0	1948		2	1
146	1 704 006	KABIA	PATALAO	9.51	15.16	6 040	R	3	0	1949		2	1
146	1 704 007	KABIA	PONT CAROL	9.17	15.30	2 072	R	1	0	1968		2	1
146	1 709 503	LAC FIANGA	FIANGA	9.56	15.11	2 480	L	1	0	1948			
146	1 703 501	MAYO DORBO	BALANI				R	1	0	1989			

**** LAC TCHAD**

NUMERO		RIVIERE	STATION	Latitude DD.MM	Longitude DD.MM	Surface du B.V KM ²	T Y P E	E Q U I P	O B S	Début	Fin	Dé- bit	Etat
146	0 209 705	LAC TCHAD	BOL DUNE	13.27	14.42		L	1	0	1953			
146	53700 001 (n° OMM)	LAC TCHAD	KALOM	13.11	14.35		L	3	N	1973			

A1-5 : Sénégal

Date de la mission d'expertise :

25 mars au 12 avril 1991

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Les plus anciennes stations du réseau hydrométrique furent installées sur le cours du fleuve Sénégal, en général avec un objectif de navigabilité. Ce sont les stations de Bakel (1901), Matam, Dagana et Podor (1903), où l'administration française avait entrepris des mesures. Comme ailleurs en Afrique de l'Ouest, l'ORSTOM a plusieurs fois apporté son concours aux responsables successifs du réseau hydrologique sénégalais. La création de l'OMVS et de l'OMVG a enfin doté le Sénégal d'Agences régionales de bassins avec des compétences élargies.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

L'administration gestionnaire du réseau hydrométrique national est la Direction du Génie Rural et de l'Hydraulique (DGRH), qui dépend du Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique. Au sein de cette direction, les services en charge de l'hydrologie sont la Section de l'Hydrologie (SH) basée à Dakar et les Divisions régionales.

La situation de la SH est complexe, placée sous la tutelle de la Subdivision des Etudes Générales de la Division des Etudes et des Aménagements de la DGRH.

Les divisions régionales concernées sont celles de Saint Louis, Tambacounda, Kolda, et Zichinchor, où sont basées des brigades d'hydrologie, antennes de la SH.

Personnel

Les effectifs, en règle générale de bonne qualité, sont répartis entre la Section d'Hydrologie (3 ingénieurs hydrologues, 6 techniciens supérieurs et 1 agent technique) et les 4 Brigades Hydrologiques (3 ingénieurs des travaux, 1 technicien supérieur, 5 agents techniques, 11 manoeuvres et chauffeurs). Ce personnel est partagé entre titulaires de l'administration sénégalaise et contractuels employés dans le cadre d'un projet AGRHYMET.

Ce personnel effectue régulièrement des stages de formation permanente.

40 observateurs d'échelle complètent ce dispositif.

Budget

Plusieurs sources financent le SH et les brigades. Il y a d'abord depuis 1975 les projets AGRHYMET successifs qui servent en fait plusieurs structures de la DGRH, ce qui rend difficile l'évaluation de la part revenant à la SH. Le fonds d'exhaure finance certaines activités de la SH (8 millions CFA en 1990-91). Le budget national d'investissement finance aussi directement la SH dans une mesure certainement insuffisante, puisque en tout état de cause il y a des problèmes certains pour assurer la paye des lecteurs d'échelle et les indemnités de tournée des personnels.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

Le réseau du Sénégal compte actuellement 73 stations hydrométriques en activité, réparties sur l'ensemble du pays entre les principaux bassins fluviaux : Gambie (22 stations), Sénégal (21 stations, dont 3 suivies aussi par l'OMVS), Casamance (19 stations), bassins côtiers (9 stations), bassin de la Kayanga (2 stations).

Sur ces 73 stations, 47 sont équipées de limnigraphes qui sont en général des limnigraphes à flotteur mensuels (OTT X). 4 stations sont équipées de balises ARGOS, toutes installées sur le fleuve Sénégal, elles sont gérées par l'OMVS.

La SH et les brigades hydrologiques sont plutôt bien dotées en matériel et équipements hydrométriques et en véhicules de tournée (avec quelques difficultés sur ce dernier poste).

Un certain nombre de bassins versants, en général suivis par l'ORSTOM et ses partenaires scientifiques sont encore opérationnels au Sénégal.

Traitement des données

Les données hydrométriques sont centralisées et traitées par la SH à Dakar, les brigades étant davantage chargées des jaugeages, de leurs dépouillement et des tournées de surveillance du réseau. Le logiciel HYDROM accompagne la plupart des opérations de saisie et de dépouillement.

Publication des données

Un certain nombre d'études hydrologiques historiques concernent le Sénégal (Monographie des bassins des fleuves Sénégal, Gambie et Casamance). Les annuaires hydrologiques ont été publiés par l'ORSTOM pour les années 1974 à 1978. La SH a pris la suite et avait publié en 1991 les annuaires des années 1978/79 à 1986/87. Ce retard est relativement important, mais pourrait être corrigé grâce à la banque de données informatisées dont devait disposer la SH en 1991.

La coopération avec l'AGRHYMET se solde par la parution d'un bulletin agro-hydro-météorologique décadaire et par un bulletin hydrologique mensuel.

Banques de données

A la mi 1991 les données disponibles sur support informatique concernaient les cotes instantanées des stations du fleuve Sénégal jusqu'à début 1990 et les jaugeages antérieurs à 1980, mais pas la limnigraphie. Toutes les données limnimétriques du bassin de la Gambie étaient aussi saisies. La situation pour la Casamance était beaucoup moins satisfaisante avec quelques données seulement de saisies. Suite à une convention avec le FAC, l'ORSTOM et la SH étaient en train de constituer une banque historique complète des stations du Sénégal jusqu'à 1991, qui est maintenant achevée et à jour.

La poursuite de la collaboration sur financement FAC entre l'ORSTOM et la SH permet actuellement de procéder à une décentralisation de l'informatisation vers les brigades de province, qui paraît prometteuse.

Qualité des données

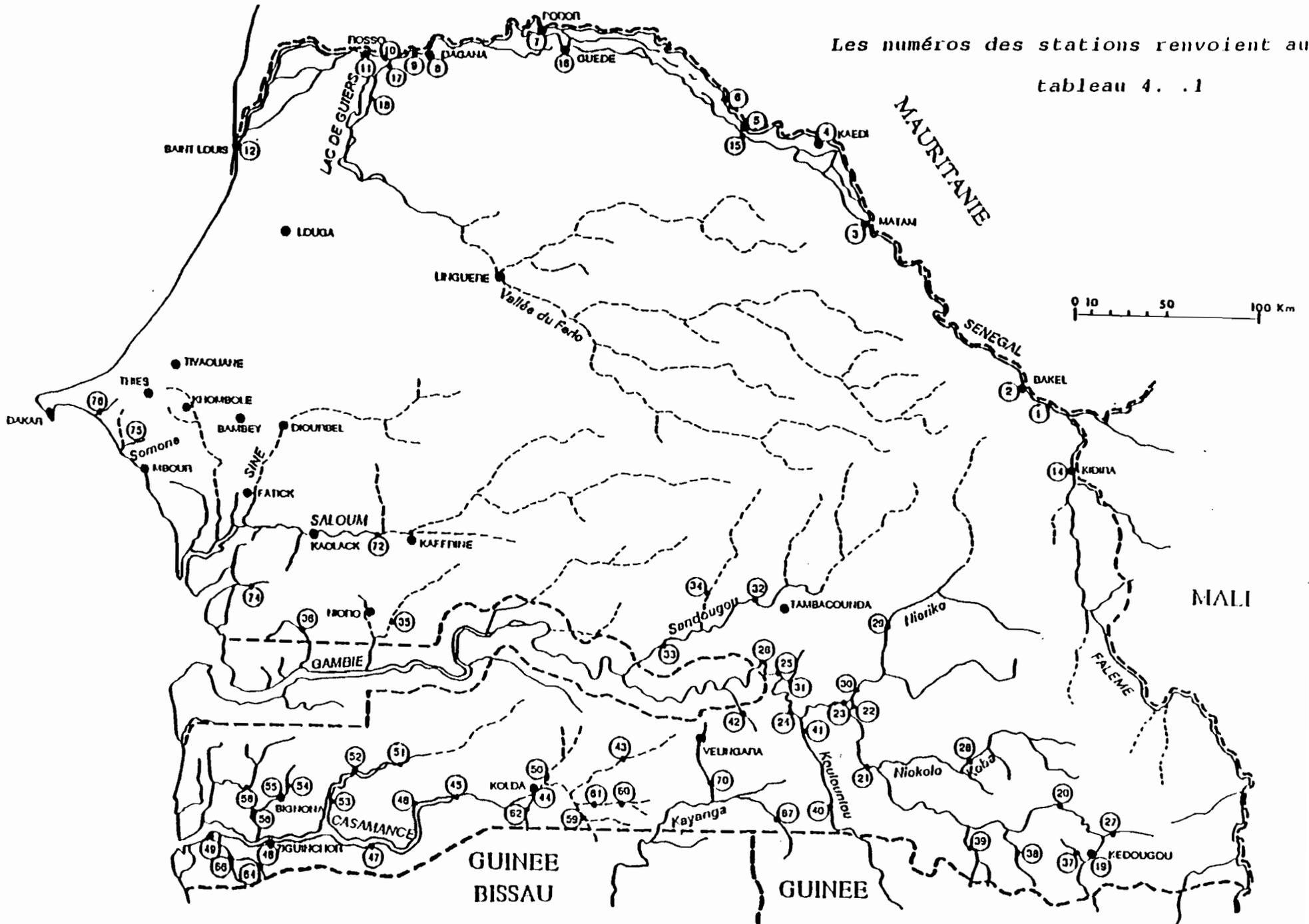
Les stations du bassin de la Gambie disposent de fichiers de données qui sont de bonne qualité, malgré des périodes de lacunes parfois prohibitives. Les données du bassin du Sénégal sont également relativement bonnes, sauf pour les données de basses eaux largement perturbées par les aménagements successifs du fleuve, jusqu'à Diama et Manantali. A titre d'information, il faut noter que le pourcentage de mois manquants à la station référence de Bakel est de 64 % avant 1950, et de 4 % seulement entre 1950 et 1990. Ce dernier pourcentage reste en général bon pour d'autres stations moins célèbres du bassin du Sénégal. La qualité des données du bassin de la Casamance est également bonne. Sur les fleuves côtiers, les stations n'ont en général pas été suivies avec beaucoup de sérieux et les lacunes sont considérables.

Informations diverses et conclusions :

En conclusion, on peut constater la bonne performance d'ensemble du réseau hydrologique sénégalais, qui le place certainement dans les tous premiers de la zone OSS, autant pour l'importance et la qualité de ses données que pour la qualité de son personnel formé. La SH a très bien su utiliser les aides techniques obtenues de l'AGRHYMET et de l'ORSTOM et divers financements internationaux, pour financer la maintenance et la jouvence de son réseau, mais aussi pour se constituer une banque de données hydrologique, complète, à jour et servie par un personnel compétent.

Figure 4.2 : carte du réseau hydrométrique du Sénégal

Les numéros des stations renvoient au tableau 4. .1



Numero carte	Numero ORSTOM	Station	Riviere	Latitude deg min sec	Longitude deg min sec	Altitude (m)	Superficie (km2)	Periodes de fonctionnement	Equipmt	Lecteur DGRH	Mesures de debit	Etalonnage	Salinometrie	Brigade
74	Bassin 1383800100	NEMA NEMA BA	NEMA	+13 44 00	-016 28 00	5	58	1976/	3	non	oui	2		D
76	Bassin 1384099005	PANTIOR BOUGA BAMBARA	PANTIOR			6		1975/	3	?	?	?		D
?	Bassin 1384200100	SALOUM FOUNDIOUGNE	SALOUM	+14 08 00	-016 28 00		7983	1983/	3	oui	non	0	oui	D
?	1384200130	TOUBACOUTA	SALOUM	+13 47 00	-016 28 00		7784	1983/	3	non	non	0	oui	D
72	1384200145	BIRKELANE	SALOUM	+14 07 00	-015 44 00	0	8000	1976/	1	non	non	0	oui	D
?	1384200150	KAOLACK	SALOUM	+14 08 00	-016 06 00	7		1978/	1	oui	non	0	oui	D
?	??????????	MAKABELAL	MAKABELAL					1988/	3	?	oui	?		D
75	Bassin 1384500110	SOMONE PONT ROUTIER	SOMONE	+16 32 00	-017 01 00	6	400	1973/	3	non	oui			D
?	1384500118	CARRIERE DE POUT	SOMONE			8		????/	3	non	oui	2		D

Equipement : 1 = échelle de crue
3 = limnigraphe à flotteur
4 = plateforme de télétransmission

Etalonnage : 0 = pas de mesures de débit
1 = étalonnage complet
2 = étalonnage incomplet
3 = étalonnage non bi-univoque complet

Brigades : T = Tambacounda
D = Dakar
S = Saint Louis
K = Kolda
Z = Ziguinchor

Numero carte	Numero ORSTOM	Station	Riviere	Latitude deg min sec	Longitude deg min sec	Altitude (m)	Superficie (km2)	Periodes de fonction- nement	Equipmt	Lecteur DGRH	Mesures de debit	Eta lon- nage	Salino- metrie	Bri- gade
?	?????????	ROSS BETHIO	AXE GOROM LAMPSAR					1990/	1	non	oui			S
?	?????????	NDIAWDOUN	AXE GOROM LAMPSAR					1990/	1	non	oui			S
	Bassin	CASAMANCE												
48	1383300050	ZIGUINCHOR	CASAMANCE	+12 35 00		1	13850	1976/	3	oui	non	0	oui	Z
47	1383300101	GOUDOMP	CASAMANCE	+12 35 00	-015 52 00	8	7525	1976/	3	oui	non	0	oui	Z
43	1383300103	FAFAKOUROU	CASAMANCE	+13 03 00	-014 33 00	1	700	1968/1970 1974/	3	non	non	2		K
49	1383300104	POINTE SAINT GEORGE	CASAMANCE	+12 38 00	-016 34 00	0	15850	1972/????				0		
46	1383300105	SEFA	CASAMANCE	+12 47 00	-015 33 00	0	5580	1976/????						
44	1383300106	KOIDA	CASAMANCE	+12 53 00	-014 56 00	2	3700	1964/1967 1969/	3	non	oui	2		K
62	1383300550	SARE KEITA	DILOUKOION	+12 50 00	-014 57 00	8	190	1968/1970 1977/	3	non	oui	2		K
58	1383301215	BAILA	BAILA	+12 54 00	-016 22 00	8	1350	1977/	3	oui	non	0	oui	Z
55	1383301304	BIGNONA	MARIGOT BIGNONA	+12 49 00	-016 14 00	8	305	1977/????						
54	1383301305	NIADOR	MARIGOT BIGNONA	+12 50 00	-016 12 00	6	240	1977/????						
56	1383301350	BALINGORE	MARIGOT BIGNONA	+12 46 00	-016 21 00	8	500	1976/	1	oui	non	0	oui	Z
59	1383301503	SARE SARA	TIANGOL	+12 50 00	-014 45 00	7	815	1967/1970 1974/	3	non	oui	2		K
?	?????????	AL EXANDRIE	TIANGOL DIANGUINA					????/	3	non	oui			K
53	1383301530	MARSASSOUM	SOUNGROUGROU	+12 50 00	-015 59 00	8	4480	1977/	1	oui	non	0	oui	Z
	1383301700	SARE FODE	SOUNGROUGROU	+13 05 00	-015 25 00		1	1978/1978				2		
51	1383301750	DIAROUME	SOUNGROUGROU	+12 59 00	-015 37 00		2780	1977/????				0		
52	1383301755	BONA	SOUNGROUGROU	+12 57 00	-015 50 00	7	8520	1977/	3	oui	non	0	oui	Z
50	1383301805	SARE KOUTAYEL	NIAMPAMPO	+12 55 00	-014 53 00	8	640	1968/1970 1974/	3	non	oui	2		K
60	1383303503	MEDINA ABDOUL	KIORINE	+12 51 00	-014 35 00	9	235	1968/1970 1977/	3	non	oui	2		K
61	1383303506	MADINA OMAR	KIORINE	+12 51 00	-014 44 00	5	385	1967/1970 1974/	3	non	oui	1		K
64	1383303509	DIBONKER	MARIGOT NIASSIA	+12 30 00	-016 21 00	8	140	1977/	1	oui	non	0	oui	Z
45	1383303510	DIANA MALAFI	CASAMANCE	+12 51 00	-015 15 00	0	4710	1976/	3	non	non	0		K
?	1383303525	ETOME	MARIGOT ETOME	+12 28 00	-016 21 00	6	90	1976/	3	oui	non	0		Z
63	1383303530	SOUKOUTA	MARIGOT GUIDEL	+12 31 00	-016 12 00	8	65	1976/????						
?	?????????	NIAGUISS	MARIGOT GUIDEL					????/	3	oui	non	0		Z
66	1383303540	OUSSOUYE (NIAMBALANG)	KAMOBEL BOLON	+12 27 00	-018 28 00	7	250	1976/	3	oui	non	0	oui	Z
	Bassin	KAYANGA												
67	1383700110	VILINGARA PAKANE	KAYANGA	+12 51 00	-013 48 00		760	1977/????						
?	1383700120	WASSADOU AU PONT	KAYANGA	+12 50 00	-014 08 00	5	2870	1976/	3	non	oui	2		K
?	1383700130	NIAPO PONT	KAYANGA	+12 51 00	-014 04 00		1755	1975/	3	non	non	1		K

Numero carte	Numero ORSTOM	Station	Riviere	Latitude deg min sec	Longitude deg min sec	Altitude (m)	Superficie (km2)	Periodes de fonctionnement	Equipmt	Lecteur DGRH	Mesures de debit	Etalonnage	Salinometrie	Brigade
1	1382600123 1382600124	KM 109 KOUNGANI	SENEGAL SENEGAL					1961/1962 1955/1959 1961/1962				0		
3	1382600127	MATAM	SENEGAL	+15 39 00	013 15 00	6	230000	1903/	1	oui	oui	3		S
4	1382600128 1382600129	KAEDI M'REOU GOROM AVAL	SENEGAL SENEGAL	+16 08 00	-013 30 00	3	253000	1976/ 1962/1963 1965/7777	1 1	oui oui	non	3		S S
	1382600130	N'GUIGLIONE	SENEGAL	+15 56 00	-013 21 00	4	232500	1951/1953 1957/1958 1961/1962				0		
	1382600133	OUANDE	SENEGAL	+15 15 00	-012 52 00	8	222500	1951/1973				3		
	1382600136	PODOR	SENEGAL	+16 39 00	-014 57 00	0	266000	1903/	3	oui	non	3		S
	1382600138	KEUR MOUR	SENEGAL	+16 31 00	-015 32 00	0	268000	1971/	3	oui	non	0		S
	1382600139	RICHARD TOLL QUAI	SENEGAL	+16 27 00	-015 42 00	0	333333	1952/	3	oui	non	0		S
	1382600140	SOKKAM	SENEGAL					7777/7777						
11	1382600141	ROSSO	SENEGAL	+16 30 00	-015 48 00	0		1974/1979 1985/	1	oui	non	0		S
12	1382600142	SANT-LOUIS	SENEGAL	+16 02 00	-016 30 00	0		1964/1965 1969/1973 1985/	3	oui	non	0	oui	S
7	7777777777	GANDIOL	SENEGAL					1961/1964 1988/	3	non	non	0		S
5	1382600148	SALDE	SENEGAL	+16 10 00	-013 52 00	1	259500	1903/1904 1938/1942 1952/	1	oui	non	3		S
	1382600151	SANEPOLI	SENEGAL	+16 37 00	-014 34 00	-1		1951/1953 1957/1957 1961/1963				3		
14	1382601609	KDIRA	FALEME	+14 27 00	-012 13 00	19	28900	1930/1948 1951/	1	oui	oui	1		S
16	1382609002 1382609006	GUEDE-CHANTIERS MADINA	DOUE DOUE	+16 33 00 +16 18 00	-014 47 00 -014 08 00	0 0		1940/ 1952/1953 1959/1959 1961/1964	1	oui	non	3 3		S
15	1382609008 1382609202	NGOUI NIET-YONE	DOUE LAG DE GUIERS	+16 09 00	-013 55 00	0 0		1955/ 1950/1953	4	oui	non	3 0		S
18	1382609203	SANENTE	LAG DE GUIERS	+16 14 00	-015 48 00	0		1955/1963 1976/1978 1985/	3	oui	non	0		S
17	1382609204	RICHARD TOLL PONT	TAOUEY	+16 27 00	-015 42 00	0		1985/	1	oui	oui	3		S
7	7777777777	BANGO	AXE GOROM LAMPSAR					1990/	3	non	oui			S
7	7777777777	PONT DE BOUE	AXE GOROM LAMPSAR					1990/	1	non	oui			S

Tableau 4.1 : Liste des stations du réseau hydrométrique

Numero carte	Numero ORSTOM	Station	Riviere	Latitude deg min sec	Longitude deg min sec	Alitude (m)	Superficie (km2)	Periodes de fonctionnement	Equipmt	Lecteur DGRU	Mesures de debit	Etaion-nage	Saino-metite	Brigade
	Bassin	GAMBIE												
34	1381200007	KOUSSANAR	KOUSSANAR	+13 52 00	-014 05 00	9	2300	1973/	3	oui	oui	7		T
33	1381200008	MAKA	SANDOUGOU	+13 40 00	-014 18 00	4	11000	1970				0		
24	1381200103	FASS	GAMBIE	+13 17 00	-013 39 00	-1	41800	1972/1986				3		
25	1381200106	GOULOUMBO	GAMBIE	+13 28 00	-013 44 00	1	42000	1953/	3	non	oui	1		T
19	1381200108	KEDOUGOU	GAMBIE	+12 33 00	-012 11 00	102	7550	1970/	3	oui	oui	1		T
27	1381200110	PONT ROUTIER	DIAGUERY	+12 38 00	-012 05 00	94	1010	1974/	3	oui	oui	2		T
20	1381200112	MAKO	GAMBIE	+12 52 00	-012 21 00	75	10450	1970/	1	oui	oui	1		T
21	1381200117	SIMENTI	GAMBIE	+13 02 00	-013 18 00	10	20500	1970/	1	oui	non	1		T
22	1381200118	WASSADOU-AMONT	GAMBIE	+13 21 00	-013 22 00	5	21200	1970/	1	oui	oui	1		T
23	1381200119	WASSADOU-AVAL	GAMBIE	+13 21 00	-013 23 00	4	33500	1973/	3	non	non	1		T
35	1381200450	FIRGUI	GRAND BAOBOLON	+13 41 00	-015 41 00	-1	1650	1977/	3	non	non	0		D
36	1381200455	MEDINA DJIKOYE	DJIKOYE	+13 37 00	-016 17 00	9	300	1976/	3	non	oui	1		D
39	1381201203	PONT-ROUTIER	DIARHA	+12 36 00	-012 37 00	47	760	1972/	3	non	oui	1		T
40	1381201303	PARC GUE DU PHNK	KOULOUNTOU	+12 47 00	-013 29 00	13	5350	1972/	3	non	non	1		T
41	1381201305	MISSIRAJ-GONASSE	KOULOUNTOU	+13 12 00	-013 37 00	2	6200	1970/	1	oui	non	3		T
29	1381201410	GOUMBAYEL	NIERIKO	+13 41 00	-013 10 00		6800	1977/	1	oui	oui	1		T
31	1381201503	NIAOUI E TANOU	NIAOUI E	+13 29 00	-013 41 00	9	1230	1972/	1	oui	oui	1		T
30	1381201703	PONT ROUTIER	NIERIKO	+13 22 00	-013 22 00	6	11900	1970/	1	non	non	3		T
28	1381201903	PONT PHNK	NIKOLOKOKBA	+13 04 00	-012 44 00	48	3000	1970/	1	oui	oui	2		T
32	1381202006	SINTHIOU MALEME	SANDOUGOU	+13 49 00	-013 54 00	6	6900	1973/	3	non	oui	2		T
37	1381202203	PONT ROUTIER	SILI	+12 32 00	-012 16 00	112	90	1974/	3	oui	oui	2		T
	1381202403	SINTHIAN COUNDARA AMONT	SIMA	+13 15 00	-013 55 00	16	234	1972/1974				1		
42	1381202404	SINTHIAN COUNDARA AVAL	SIMA	+13 15 00	-013 55 00	15	495	1973/	1	oui	oui	1		T
38	1381202503	PONT	TIOKOYE	+12 34 00	-012 32 00	56	950	1971/	3	oui	oui	1		T
26	1381210128	GENOTO	GAMBIE	+13 33 00	-013 49 00		42300	1970/	1	oui	non	0		T
	Bassin	ANAMBE												
70	1382400120	KOUNKANE	ANAMBE	+12 55 00	-014 06 00		1040	1977/????						
	Bassin	SENEGAL												
2	1382600103	BAKEL	SENEGAL	+14 54 00	-012 27 00	11	218000	1901/	4	oui	oui	3		S
8	1382600109	DAGANA	SENEGAL	+16 31 00	-015 30 00	0	268000	1903/	4	oui	oui	3		S
	1382600110	DEBI	SENEGAL					1964/1965						
	1382600111	DIAMA	SENEGAL					1964/1965				0		
	1382600112	DIORBIVOL	SENEGAL	+16 07 00	-013 43 00	2		1938/1942				0		
	1382600113	DIAOUAR	SENEGAL			0		1954/1961						
6	1382600115	DIOL DE DIABE	SENEGAL	+16 20 00	-013 58 00	0	260000	1964/1965				3		
	1382600119	GUEYLOUBE	SENEGAL					1951/1953						
	1382600120	II E AUX CAIMANS	SENEGAL					1957/1958						
	1382600122	KM 75	SENEGAL					1961/1964				0		
								1963/1963						
								1964/1965						
								1961/1963						

A1-6 : Gambie

Date de la mission d'expertise :

11 au 28 juin 1991

Nom de l'organisme évaluateur :

Mott MacDonald International

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Les premières stations hydrologiques remontent au tout début des années 70. L'essentiel du réseau étant sous l'influence de la marée (particulièrement lors de la récente période sèche), il a toujours été fort difficile de faire de l'hydrologie quantitative en Gambie et la rivière Gambie elle-même est en fait contrôlée hydrologiquement par la station de Goulombo au Sénégal. Les indications les plus précises sur l'historique des stations hydrométriques de Gambie sont regroupées dans la Monographie de la Gambie, publiée par l'ORSTOM et l'OMVG en 1990.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

La responsabilité du réseau hydrométrique de Gambie est confiée à une Division d'Hydrologie, placée sous la tutelle du Département des Ressources en Eau (DWR) du Ministère des Ressources Naturelles et de l'Environnement. La Division est installée à Banjul, avec une base opérationnelle à Bansang. Les relations avec l'OMVG sont étroites. De plus la Division Hydrologique bénéficie d'un fort soutien du projet AGRHMET.

Personnel

La Division d'Hydrologie en 1991 comptait un hydrologue senior qui faisait fonction d'hydrologue principal, de 3 cadres en hydrologie, d'une douzaine d'assistants hydrologues (avec quelques 6 assistants hydrologues encore en formation) et de plus d'une douzaine de personnels techniques et d'appui. *A priori*, les effectifs seraient donc plutôt pléthoriques pour le réseau existant.

Budget

Nous n'avons pas trouvé dans le rapport « Water Assessment » d'indications précises sur le montant du budget, qui est décrit comme insuffisant, malgré les apports du projet AGRHYMET en équipement et en fonctionnement. Il semble aussi que des difficultés d'importation rendent la situation encore plus délicate.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

Le réseau est officiellement composé de 25 stations sur les listes remises aux experts par la DWR, stations pour la plupart mises en oeuvre au milieu des années 1970. 9 de ces stations sont implantées sur la rivière Gambie elle-même, les autres sur ses tributaires. Il est difficile de se faire une opinion sur l'efficacité de ce réseau, la plupart des stations étant injaugeables, mais 16 de ces stations sont pourtant équipées de limnigraphes à flotteur de période mensuelle. Néanmoins, des jaugeages ne semblent exister que pour 3 de ces stations, toutes situées sur des affluents.

Il y a eu aussi des mesures systématiques de suivi de la conductivité, liées à un besoin de connaissances sur la remontée du coin salé dans la rivière Gambie et ses tributaires.

Traitement des données

Les débits du bassin de la Gambie ne sont donc connus que grâce aux observations faites à Goulombo au Sénégal depuis 1951. Le réseau gambien fournit donc essentiellement des hauteurs d'eau sur la Gambie elle-même, malgré quelques essais de jaugeages en continu sur plusieurs cycles de marée. Les visites de terrain étant très rares, faute de véhicule ou de bateau adaptés, les données comportent beaucoup de lacunes et sont de piètre qualité. Seules 4 stations sur les tributaires ont fait l'objet d'étalonnages dans le passé, étalonnages qui n'ont pas été vérifiés depuis plus de 10 ans. Le

logiciel HYDROM, quoique disponible, n'était pas utilisé en 1991. En fait actuellement, les seules données disponibles sont celles publiées dans le bulletin décadaire d'AGRHYMET.

Publication des données

Le dernier annuaire publié (hauteurs d'eau) correspond à la période 1983-1984 et concerne 4 stations : Prufu Bolon à Dampha Kunda, Jurungkumani à Jibanack, River BENFET à Sanyang et Lamin Bolon à Abuka. Encore ce dernier annuaire semble-t-il contenir de très nombreuses irrégularités.

Banques de données

Il n'y a pas de banques de données dignes de ce nom : un inventaire des stations ayant existées a été fourni aux experts, mais aucun inventaire des données existantes ne l'accompagnait, ces données étant sous forme d'originaux ou de tableaux sur feuilles.

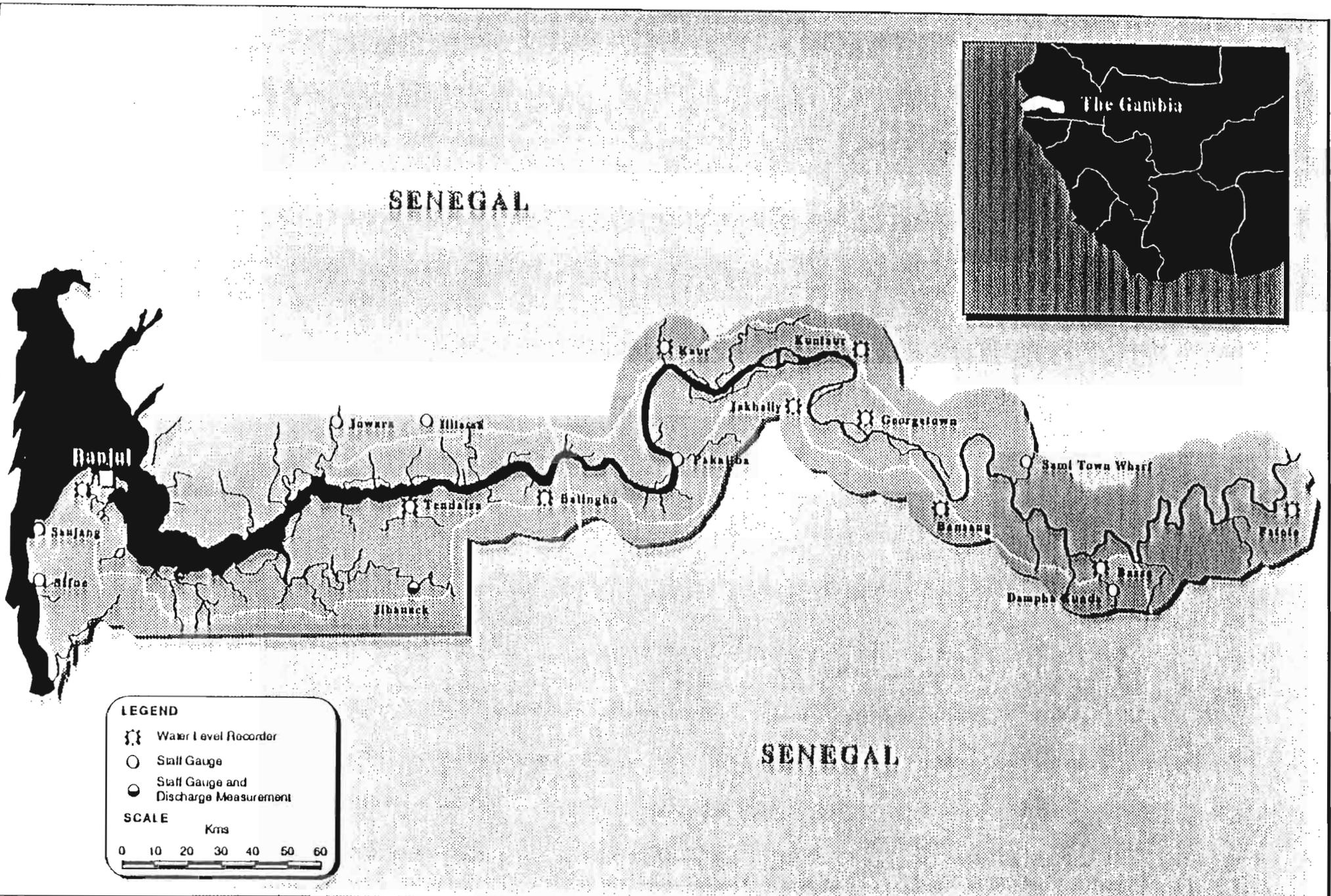
Qualité des données

Dans ces conditions, les données sont donc très douteuses, y compris les hauteurs limnimétriques, obtenues sur des biefs rapidement variables compte tenu des marées. Les jaugeages sur les stations des affluents sont tous anciens et les courbes d'étalonnage certainement devenues périmées.

Les seules données fiables paraissent être celles de la position mensuelle de remontée du coin salé de 1973 à 1986, qui fut bien suivie durant toute la période de sécheresse.

Informations diverses et conclusions :

L'aménagement du bassin de la Gambie, y compris dans la partie estuarienne gambienne exigerait certainement une meilleure connaissance de son hydrologie que celle actuellement permise par le réseau hydrologiques existant.



Inventory of Hydrological Stations - Location

River/stream	Station name	Coordinates		Catchment area (km ²)	Level of scale zero	Number of gaugings
		North	West			
Gambia	Banjul	13° 27'	16° 35'	77 054	-1.274	-
Jurunkumani Bolon	Jibanack	13° 12'	16° 07'	4.69	7.624	20
Bintang Bolon	Brumen Bridge	13° 15'	15° 50'	-	-0.793	-
Gambia	Tendaba	13° 26'	15° 48'	-	-1.412	-
Gambia	Balingho	13° 30'	15° 36'	-	-0.291	-
Sofaniama Bolon	Pakaliba	13° 30'	15° 15'	-	-0.500	-
Gambia	Kaur	13° 42'	15° 20'	-	0.277	-
Nianija Bolon	Charmen	13° 43'	15° 10'	-	-2.907	-
Gambia	Kuntaur	13° 40'	14° 53'	-	-0.772	-
Jahally Canal	Jahally	13° 34'	14° 57'	-	-0.943	-
Patcharr Bolon	Patcharr	13° 32'	14° 52'	-	0.010	-
Gambia	Georgetown	13° 33'	14° 46'	-	-0.449	-
Gambia	Bansang	13° 25'	14° 40'	-	-1.378	-
Sandugu	Sami Wharf Town	13° 30'	14° 28'	-	-0.014	-
Gambia	Basse	13° 19'	14° 13'	-	0.274	-
Prufu Bolon	Dampha Kunda	13° 20'	14° 12'	340	5.474	9
Shima Bolon	Suduwol	13° 22'	13° 58'	750	7.510	9
Gambia	Fatoto	13° 24'	13° 54'	-	0.519	-

River/stream	Station name	Coordinates		Catchment area (km ²)	Level of scale zero	Number of gaugings
		North	West			
Massarin Ko Bolon	Kerr	-	-	-	-	-
River Benefit	Sanyang	13° 16'	16° 46'	-	3.801	-
Allahein	Kartung	13° 05'	16° 45'	-	-	-
Allaheim	Sifoe	13° 10'	16° 41'	-	-	-
Allaheim	Darsilami	13° 10'	16° 39'	-	0.364	-
Bao Bolon	Illiassa	13° 35'	15° 47'	-	-	-
Miniminium Bolon	Jowara	13° 34'	16° 06'	-	-	-

A1-7 : Guinée Bissau

Date de la mission d'expertise :

13 au 26 janvier 1991.

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

A part 2 stations installées sur le rio Geba en 1956, le réseau hydrométrique de Guinée Bissau est très jeune et date du début des années 80, mais n'a pris une taille significative qu'à partir de 1987. En fait il est difficile de faire en Guinée Bissau de l'hydrologie classique, car compte tenu de sa géographie toutes les rivières et fleuves se terminent par de larges estuaires où remonte très profondément la marée.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

Au plan national, l'administration compétente, pour les eaux de surface et souterraines, est la Direction Générale des Ressources Hydriques qui dépend du Secrétariat d'Etat des Ressources naturelles du Ministère des Ressources Naturelles et de l'Industrie. Cette direction générale comprend 4 divisions, dont une division technique qui comporte une sous-division d'hydrologie, et 3 centres, dont un centre d'informatique. Les activités proprement hydrologiques sont donc éclatées en plusieurs responsabilités sous le contrôle du Directeur Général. Des délégations régionales sont implantées sur le terrain dans les 3 provinces. Un projet PNUD chargé de la préparation du plan directeur des ressources en eau est rattaché à la DGRH. La sous-division de l'hydrologie (DH), créée en 1987, contrôle toutes les activités d'hydrologie opérationnelle. Elle a alors pris en charge des activités assurées par plusieurs organismes et bureaux d'études qui avaient pris le relais de la mission hydrologique portugaise fonctionnelle entre 1945 et 1972.

Personnel

La DH est dirigée par un chef de division hydrologue formé à l'utilisation d'HYDROM. Il y a 3 brigades, à Bissau (1 chef de brigade AGRHYMET et 1 agent technique, auxquels s'ajoute le personnel technique commun de la DGRH), à Batafa (1 chef de brigade, 3 hydrométristes, 2 agents techniques) et à Gabu (1 chef de brigade, 4 hydrométristes). Sur les stations du réseau sont en place 14 observateurs qui s'occupent en même temps des stations climatologiques de la DGRH. Ce personnel récent est en général motivé.

Budget

Nous n'avons pas trouvé d'informations sur le budget qui semblerait actuellement dépendre totalement de l'aide internationale dans le cadre du projet PNUD.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

Le réseau comporte actuellement 14 stations hydrométriques fonctionnelles. 6 autres stations hydrométriques et 12 stations marégraphiques étaient en projet lors du passage des experts. Un effort important a été fait pour l'équipement informatique, mais l'équipement de terrain est très déficient. Le matériel hydrométrique est très ancien et le projet AGRHYMET a pu doter les brigades d'un équipement de jaugeage minimum. Aucun limnigraphe n'est actuellement installé, toutes les stations étant équipées d'échelles limnimétriques souvent dépareillées.

Faute de véhicule propre, le réseau est mal surveillé.

Traitement des données

Un projet PNUD a collecté de 1977 à 1983 les stations du rio Corubal. Il n'y aurait aucune trace des données de la période portugaise toutes perdues. La DH a fait en 1990 avec l'aide de l'ORSTOM

l'inventaire et l'archivage manuel de l'ensemble des données encore existantes. Toutes ces données, y compris les jaugeages anciens ont été archivées et redéveloppées sous HYDROM et installées à la DH dans une banque informatisée.

Publication des données

Il n'y a pas actuellement de publications périodique dans le domaine hydrologique, et les données sont accessibles dans un certain nombre de rapports techniques préparés en vue d'aménagements et dans quelques publications récentes de la DH.

Banques de données

L'inventaire des données archivé sous HYDROM s'accompagne d'une critique de la qualité des données. On compte une centaine d'années-station de bonne qualité, auxquelles il faut ajouter des observations complètes pour les stations de Saltinho et Sonaco, sur le rio Geba, entre 1956 et 1990.

Il serait souhaitable d'entreprendre au Portugal et en Guinée Bissau un travail de recherche pour retrouver les données historiques qui ne sont peut-être pas définitivement perdues.

Qualité des données

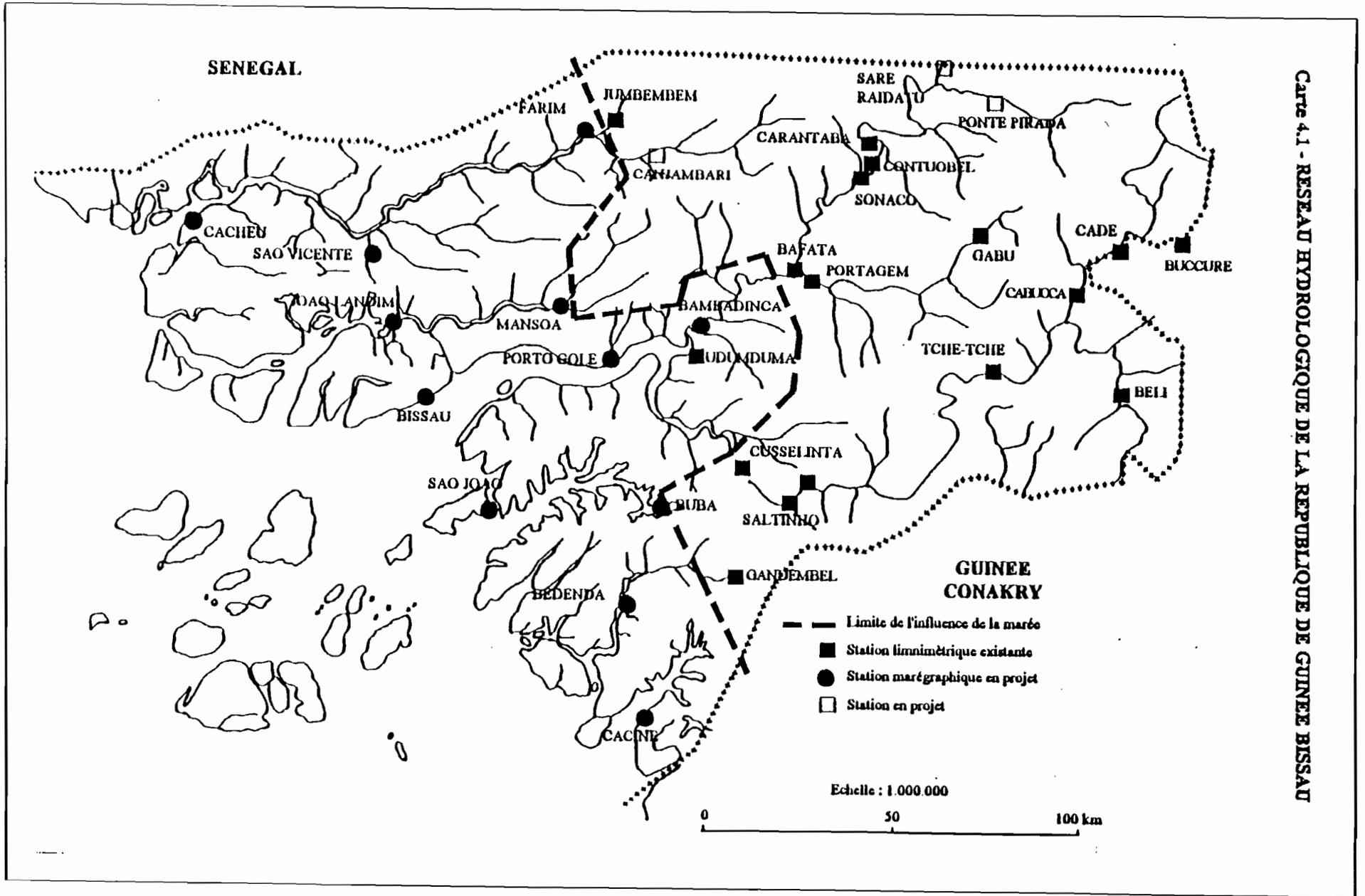
Les données existantes sont donc de qualité médiocre et l'équipement actuel, pas plus que les moyens effectifs de fonctionnement de la DH ne paraissent pouvoir garantir une amélioration.

Informations diverses et conclusions :

Le réseau hydrologique actuel ne fournit pas de données exploitables sur les parties maritimes des cours d'eau. Les données sur les petits bassins sont aussi inexistantes, ce qui est fort dommageable pour les programmes d'aménagement des bas-fonds, qu'il s'agisse des bas-fonds saumâtres de la zone fluvio-marine ou des bas-fonds continentaux du socle. Le reste du réseau nécessite la poursuite de efforts jusqu'alors entrepris.

Tableau 4.1 - Stations du réseaux

	Station	Date d'Installation
Bassin 30 RIO BUBA		
1193001005	BUBA	Projet
1193002002	SAO JOAO	Projet
Bassin 31 RIO CACHEU		
1193101005	CACHEU	Projet
1193101010	SAO VINCENTE	Projet
1193101015	FARIM	Projet
1193110005	JUMBEMBEM	Projet
1193115005	CANJAMBARI	Projet
Bassin 32 RIO CACINE		
1193201005	CACINE	Projet
Bassin 33 RIO CLIMBAJA		
1193301010	BEDENDA	Projet
1193302005	GANDEMBEL	Projet
Bassin 34 RIO GEBA		
1193401005	BISSAU	Projet
1193401010	PORTO GOLE	Projet
1193401015	BAMBADINCA	Projet
1193401020	BAFATA	1956
1193401030	CONTUOBEL	1989
1193401031	SONACO AVAL	1956-1977-1989
1193401032	SONACO AMONT	1956
1193401035	CARANTABA	1989
1193402005	XITOLE	1987
1193402006	CUSSELINTA	?
1193402010	SALTINHO AVAL SINTHA SAMBEL	1957-1984-1989
1193402011	SALTINHO AMONT SINTHA CANTA	1957
1193402020	TCHE-TCHE	1977
1193402025	CABUCCA	1980
1193402030	CADE	1980
1193402035	BUCCURE	1980
1193410001	BAFATA PORTAGEM	1988
1193410020	GABU	1982
1193415005	SINTCHA KAGNA	Projet
1193416005	PONTE PIRADA	Projet
1193425001	UDUMDUMA	1981
1193430005	BELI	1978
Bassin 35 RIO MANSOA		
1193501002	JOAO LANDIM	Projet
1193501005	MANSOA	Projet



Carte 4.1 - RESEAU HYDROLOGIQUE DE LA REPUBLIQUE DE GUINEE BISSAU

A1-8 : Burkina Faso

Date de la mission d'expertise :

15 avril au 3 mai 1991

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Les premières stations sont implantées au Burkina à partir de 1955 par le Service de l'Hydraulique de l'AOF et le Service du Génie Rural. L'ORSTOM reprend ce réseau et le complète en 1963. En 1965 est créée la Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural (HER) qui comprend un Service de l'Inventaire et des Recherches Hydraulique (IRH), qui devient en 1978 le Service des Etudes, Programmation et Archives (EPA) avec une section d'hydrologie. En 1985 le Ministère du Développement Rural, qui gérait jusque là les activités d'hydrologie opérationnelle est scindé en un Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et un Ministère de l'Eau. Au sein de ce dernier ministère, le service hydrologique sera tout à tour rattaché à la Direction des Puits, Forages et Hydrologie (DPFH), puis en 1986 à l'Office National des Puits et Forages et Hydrologie (DPFH) jusqu'en 1988.

Les activités nationales en hydrologie opérationnelles ont souvent été associées à des projets d'assistance bilatérale ou internationale : PNUD/OMM en 1972-73, puis PNUD/OMM-AGRHYMET en 1976-77, 1977-79, 1979-83, puis 1983-86 et 1986-90 ; FAC/ORSTOM en 1969-71, puis 1974-76 ; PNUD/DTCD en 1989-90.

Depuis juillet 1991 le projet « Bilan d'Eau » précédemment rattaché à la Direction des Etudes et de la Planification (DEP) a été transféré à la Direction de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques (DIRH).

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

Lors du passage de la mission d'experts, les activités hydrologiques de base étaient assurées par le Service Hydrologie au sein de la DIRH, rattachée au Ministère de l'Eau. La structure interne de la DIRH était alors en remaniement : on prévoyait la création d'un Service de Qualité des Eau aux côtés du Service Hydrologie, et d'une Cellule de l'Inventaire et de la Statistique.

Personnel

Le service Hydrologie était composé de 37 agents, partagés entre Ouagadougou et Bobo Dioulasso (2 ingénieurs des travaux, 9 techniciens supérieurs, 6 aides-hydrologues, plus du personnel spécialisé), auquel il convient d'ajouter 36 observateurs d'échelle.

Budget

Début 1991, la situation du Service Hydrologique était originale, en cela que les aides extérieures s'étaient achevées en fin d'année 90. L'estimation du budget de fonctionnement requis était de 40 à 50 millions CFA que devait accorder le gouvernement burkinabé. En 1986, le conseiller technique principal du projet PNUD estimait le budget « autonome et durable » à 97 millions CFA.

Le total des indemnités des lecteurs était estimé à 2,4 millions CFA par an, mais faute de crédits n'avaient pas encore été réglé en avril 1991, lors du passage de la mission.

Réseau hydrologique national

Nombre de stations et équipements

Deux types de documents permettent d'estimer la situation fin avril 1991 :

- Les informations fournies par la DIRH :

Le réseau hydrométrique de la DIRH est composé de 105 stations en avril 1991, dont 60 limnigraphes à flotteurs, 5 plates-formes de collecte de données télétransmises ARGOS, 3 dispositifs à transmission BLU et 44 échelles limnimétriques.

- Des informations, sur support magnétique, gérées par le logiciel BLTE du projet AGRHYMET : Cette liste fait apparaître un total de 128 stations, dont 21 ne sont plus en activité, soit 107 points de mesure actifs. Cette liste figure dans les tableaux fournis ci-après, qui font état de 60 stations listées codées « D » (niveaux + débits). Le nombre de stations actives de suivi du niveau seul est de 47, qui correspondent à des stations sur des mares ou des lacs.

Du matériel performant pour des analyses chimiques existe aussi (2 spectrophotomètre et spectromètre, pHmètre, appareil pour DBO et DCO) qui n'étaient pas encore installé en avril 1991. Le parc véhicule, abondant, est constitué de véhicules déjà anciens.

Traitement des données

L'historique du traitement des données est riche :

- Traitement sur gros système par l'ORSTOM à partir de 1967 à Paris, puis en 1974 à Ouagadougou au CENATRIN.
- Traitement sur la filière DIRH-APPLE à partir de 1982.
- A partir de 1989, 2 systèmes de traitement à la DIRH :
 - . BLTE, système dérivé de DIHR-APPLE par un expert d'AGRHYMET.
 - . HYDROM 2.0 de l'ORSTOM, implanté mais non utilisé faute de personnel formé.

L'équipement informatique est très disparate.

Publication des données

En avril 1991, l'annuaire hydrologique 1986 était publié et l'annuaire 1987 prêt à publier. Une synthèse hydrologique annuelle avait été publiée pour l'année hydrologique 1982-83. Le dernier bulletin hydrologique mensuel publié fin avril 1991 datait d'août 1990. La synthèse hydrologique des Volta, sous forme de Monographie, fut publiée en 1976.

Banques de données

Plusieurs banques de données coexistent au Burkina :

- La banque de données ORSTOM, sous HYDROM 2, va de l'origine des stations à 1977 ou 1978, et jusqu'à 1991 pour certains bassins versants d'étude (Mare d'Oursi).
- Le fichier BLT comporte les données de 58 stations sur la période 1982 - 1991, mais il est très incomplet.
- La banque du système d'information BEWACO (système ARCINFO) comporte des chroniques de débits mensuels pour 31 stations sur la période 1974-1985.
- La banque DIRH-APPLE n'est plus accessible et le sauvetage et la récupération au standard MS-DOS des informations collectées à grands frais pendant la période 1982-1989 sur disquette APPLE était vivement recommandé en 1991.

Qualité des données

La banque ORSTOM comporte les débits de 75 stations, totalisant 505 stations-années, soit 6060 mois d'observation. 43 % des mois sont complets, 34 % incomplets et 21 % absents. 25 % des stations ont plus de 10 ans d'ancienneté, 10 % plus de 10 ans.

Les débits du système d'information BEWACO proviennent de la même source d'information où les trous ont été comblés.

La qualité des jaugeages sur la période récente a été évaluée :

- Sur la période 1986-89, des jaugeages ont été effectués au moins une fois sur 73 sites.
- Le nombre de jaugeages par période quinquennale est de 358 en 66-70, 450 en 71-75, 847 en 76-80, 1526 en 81-85 et 858 en 86-89. Il est en fait très sensible à de grands nombres de jaugeages faits sur de petites stations.

Informations diverses et conclusions :

En 1991, le service hydrologique du Burkina était certainement un des mieux gérés de la zone OSS, autant par la densité des stations encore en service, que par la qualité des personnels. Un certain nombre de défauts structurels risquaient néanmoins de compromettre son avenir.

Figure 4.1.4 - Le réseau hydrométrique au 01-01-1991

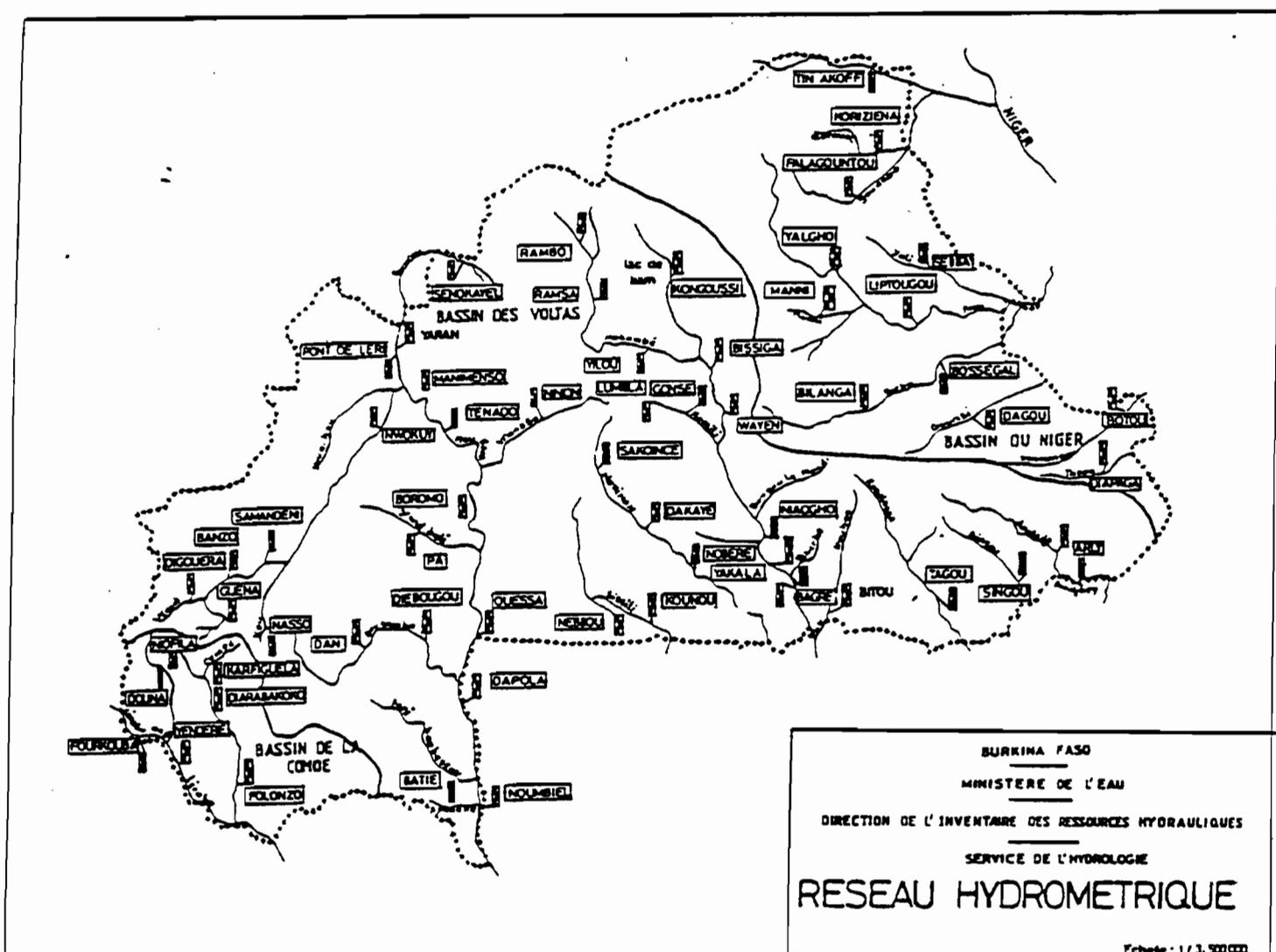


Tableau 4.2.2 - INVENTAIRE DES STATIONS HYDROMETRIQUES
(Sources : fichiers BLT, avril 1991)

BURUNDI PASO

DIRECTION DE L'INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

SERVICE HYDROLOGIE

LISTE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

N°	Cours d'eau	Station	Code	Code	Année	Coordonnées		Surface	Equi		Nat
			ORSTOM	ORSTOM		début	Latitude		Longitude	km²	
BASSIN DE LA COMOE											
1	Láraba Occid.	FOURCOUBA	1928130	1200404005	1974	N 10 18 00	W 5 23 00	2550	L	D	
2	Láraba Occid.	DOUMA	1928250	1200404505	1955	N 10 38 00	W 5 07 00	480	L	D	
3	Láraba Oriem.	NIOPILA	1928370	1200404510	1980	N 10 41 00	W 5 06 00	710	L	D	
4	Láraba Occid.	YENDERE	1928490	1200401810	1955	N 10 10 00	W 5 04 00	5030	L	D	
5	Comoe	KARFIGUELA prise	1928610	1200400121	1976	N 10 44 00	W 4 50 00		L	D	
6	Comoe	KARFIGUELA chenal	1928615	1200400123	1976	N 10 44 00	W 4 50 00	812	L	E	
7	Comoe	KARFIGUELA canal	1928620	1200400122	1976	N 10 44 00	W 4 50 00		L	N	
8	Comoe	KARFIGUELA radier	1928625	1200400120	1982	N 10 44 00	W 4 50 00	812	L	D	
9	Comoe	DIARABAKORO	1928745	1200400110	1955	N 10 29 00	W 4 47 00	2350	L	D	
10	Comoe	POLOWO	1928865	1200400113	1969	N 9 54 00	W 4 37 00	9480	E	D	
BASSIN DES VOCTA											
11	Flandi	LAMVIERA	1931020	1202702003	1961	N 11 16 00	W 4 56 00	1100	L	D	
12	Nou Noun	BANZO	1931040	1202700205	1959	N 11 19 00	W 4 49 00	2816	L	D	
19	Nou Noun	GUEHA	1931050	1202700217	1962	N 11 05 00	W 4 41 00	800	L	D	
20	Nou Noun	SANKENDI	1931060	1202700232	1955	N 11 28 00	W 4 28 00	4580	L	D	
21	Kou	DINDRESO	1931070	1202701605	1984	N 11 13 00	W 4 26 00	655	L	D	
22	Kou	KASSO	1931080	1202701614	1961	N 11 12 00	W 4 26 00	406	L	D	
23	Kou	RADARA	1931090	1202701602	1965	N 11 22 00	W 4 22 00	971	L	D	
24	Nou Noun	TOUROUBA	1931110	1202700238	1954	N 12 22 00	W 3 43 00	13600	E	*	
25	Voun Vou	BOURASSO	1931120	1202702403	1962	N 12 37 00	W 3 41 00	6700	E	*	
26	Bouqouriba	DAM	1931130	1202701202	1970	N 10 55 00	W 3 39 00	6345	L	D	
27	Nou Noun	NWOKUY	1931140	1202700229	1954	N 12 31 00	W 3 33 00	14800	L	D	
28	Nou Noun	KOURI	1931150	1202700220	1952	N 12 44 00	W 3 29 00	20000	L	*	
29	Sourou	YARAN	1931160	1202702215	1955	N 12 58 00	W 3 27 00	10000	E	N	
30	Sourou	BARRAGE LIEY	1931170	1202702203	1980	N 12 45 00	W 3 26 00	11000	E	N	
31	Sourou	PONT DE LIEY	1931180	1202702209	1952	N 12 45 00	W 3 26 00	11000	E	N	
32	Sourou	DI	1931190	1202702201	1955	N 13 11 00	W 3 25 00		E	N	
33	Nou Noun	CONFL. SOUROU	1931200	1202700235	1955	N 12 45 00	W 3 25 00	20000	E	D	
34	Nou Noun	NANDIENSO	1931210	1202700226	1955	N 12 45 00	W 3 24 00	20000	E	D	
35	Nou Noun	DOUROULA	1931220	1202700214	1952	N 12 36 00	W 3 15 00	49500	E	*	
36	Poni	GAOJA	1931230	1202702105	1976	N 10 20 00	W 3 12 00	1310	E	N	
37	Grand Balé	PA	1931240	1202701405	1966	N 11 36 00	W 3 11 00	3700	L	D	
38	Bouqouriba	DIEROUOOU	1931250	1202701203	1955	N 10 56 00	W 3 10 00	12200	L	D	
39	Nou Noun	BOROSO	1931260	1202700208	1955	N 11 47 00	W 2 55 00	37140	L	D	
40	Nou Noun	DAPOLA	1931270	1202700211	1955	N 10 34 00	W 2 55 00	66540	E	D	
41	Bambassou	BATIE	1931280	1202702103	1971	N 1 59 00	W 2 54 00	5630	L	D	
42	Pouané	BATIE	1931290	1202705001	1976	N 9 45 00	W 2 51 00	1000	E	*	
43	Nou Noun	TEMADO	1931300	1202700236	1975	N 12 10 00	W 2 49 00	23700	L	D	
44	Nou Noun	OUESSA	1931310	1202700230	1969	N 11 01 00	W 2 49 00	50820	L	D	
45	Nou Noun	MOUNBIEL	1931330	1202700228	1975	N 9 41 00	W 2 46 00	79700	L	D	
46	Bolo	POURA	1931340	1202703001	1984	N 11 43 00	W 2 44 00	1797	E	N	
47	Vranco	POUN	1931350	1202702501	1977	N 12 24 00	W 2 35 00	4880	E	*	
48	Sourou	TOUMANI	1931360	1202702210	1952	N 12 50 00	W 2 27 00		E	*	
49	Barrage	OUARICOOYA	1931370	1202709550	1985	N 13 35 00	W 2 26 00	151	E	N	
50	Barrage	OUINRE	1931380	1202709540	1984	N 13 37 00	W 2 25 00	151	E	N	
51	Vranco	YINION	1931390	1202702603	1971	N 12 31 00	W 2 23 00	1890	E	N	
52	Barrage	TOUCOU	1931400	1202709560	1982	N 13 14 00	W 2 15 00	436	E	N	
53	Nakanbé	RANSA	1931410	1202700115	1984	N 13 29 00	W 2 07 00	3650	L	D	

Nature: N - Niveau seulement Equipement: E - Echelle
D - Niveau et Débits L - Limnigraphe
* - Farnée

Tableau 4.2.2 - INVENTAIRE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

(Sources : fichiers BLT, avril 1991) (suite)

BURKINA FASO

DIRECTION DE L'INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

SERVICE HYDROLOGIE

LISTE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

N°	Cours d'eau	Station	Code ORH	Code ORSTOM	Année début	Coordonnées		Surface km²	Equi(Mat)	
						Latitude	Longitude			
54	Nakanbé	RANBO	1931420	1202700114	1983	N 13 36 00	W 2 04 00	2375	L	D
55	Nasinon	SAKOINSE	1931430	1202700330	1983	N 12 12 00	W 2 01 00	1210	L	D
56	Sissili	NEBBOU	1931440	1202705503	1974	N 11 17 00	W 1 56 00	3240	L	D
57	Nasinon	DAKAYE	1931450	1202700305	1975	N 11 46 00	W 1 36 00	4540	L	D
58	Barrage	PAREE	1931460		1983	N 12 35 00	W 1 34 00	238	E	N
59	Barrage	KAMBOINSE	1931470		1983	N 12 28 00	W 1 34 00	150	E	N
60	Nakanbé	YILOU	1931480	1202700122	1973	N 13 00 00	W 1 33 00	10100	E	*
61	Barrage N°1	OUAGADOUGOU	1931491			N 12 23 00	W 1 33 00		E	N
62	Barrage N°2	OUAGADOUGOU	1931492		1966	N 12 23 00	W 1 33 00	350	E	N
63	Barrage N°3	OUAGADOUGOU	1931493			N 12 23 00	W 1 33 00	350	E	N
64	Lac Ban	KONGOURSI	1931500	1202709510	1966	N 13 20 00	W 1 31 00	2560	L	N
65	Barrage	BOULBI	1931510		1983	N 12 13 00	W 1 31 00	125	E	N
66	Sissili	KOONBOU	1931520	1202705502	1979	N 11 05 00	W 1 29 00	6120	L	D
67	Nakanbé	YARO BARRAGE	1931530	1202700117	1984	N 12 59 00	W 1 28 00	11360	E	D
68	Barrage	DOMBE	1931540		1983	N 12 34 00	W 1 24 00	185	E	N
69	Nassili	LOUNBILA BAR.	1931550	1202701803	1986	N 12 29 00	W 1 24 00	2120	E	N
70	Barrage	MAGBANGRE	1931560		1983	N 12 12 00	W 1 24 00	470	E	N
71	Barrage	NAPAGAYEMGA	1931570		1983	N 12 14 00	W 1 21 00	28	E	N
72	Nakanbé	KANE	1931580	1202700110	1955	N 12 58 00	W 1 20 00	11800	E	N
73	Nassili	COMBE	1931590	1202701802	1975	N 12 29 00	W 1 19 00	2100	L	D
74	Lac	SIAM	1931600	1202709530	1984	N 13 06 00	W 1 13 00	198	L	N
75	Nasinon	MOBERE	1931610	1202700320	1965	N 11 26 00	W 1 11 00	7600	L	D
76	Lac	DIEN	1931620	1202709507	1984	N 13 11 00	W 1 09 00	400	L	N
77	Nakanbé	BISSIGA	1931630	1202700107	1975	N 12 45 00	W 1 09 00	16965	L	D
78	Barrage	TANASSOO	1931640	1202709570	1984	N 13 15 00	W 1 06 00	175	E	N
79	Nakanbé	ZIGA	1931650	1202700125	1984	N 12 29 00	W 1 05 00	19000	L	D
80	Nakanbé	WAYEN	1931660	1202700116	1955	N 12 23 00	W 1 05 00	20800	L	D
81	Barrage	LOUDA	1931670			N 13 01 00	W 1 04 00	468	E	N
82	Nasinon	KAMPALA	1931680	1202700310	1955	N 11 13 00	W 0 56 00	9180	E	*
83	Nasinon	ZICOU	1931681		1990				L	D
84	Barrage	MOCTEDO	1931690			N 12 28 00	W 0 50 00	368	E	N
85	Koulikpélé	NIARRA	1931700	1202707502	1976	N 11 41 00	W 0 49 00	572	E	*
86	Nakanbé	NIAGHO	1931710	1202700113	1963	N 11 46 00	W 0 45 00	30200	L	D
87	Dougoula Nondi	KONTOTEGA	1931720	1202701302	1976	N 11 52 00	W 0 42 00	2536	E	*
88	Nakanbé	YAKALA	1931730	1202700119	1954	N 11 21 00	W 0 42 00	31680	L	D
89	Imiga	IMIGA/TIBEN	1931735		1982	N 12 19 00	W 0 41 00	12	L	*
90	Tcherbo	BAGRE	1931740	1202703201	1976	N 11 36 00	W 0 34 00	972	L	*
91	Nakanbé	BAGRE	1931750	1202700105	1974	N 11 27 00	W 0 33 00	33120	L	D
92	Barrage	PETIT BAGRE	1931760			N 11 25 00	W 0 29 00	34	E	N
93	Noubae	BITTOU	1931770	1202701903	1973	N 11 11 00	W 0 17 00	4050	L	D
94	Kompiança	GOMABA AVAL	1931780	1202707001	1984	N 11 29 00	E 0 23 00	3875	E	D
95	Kompiança	GOMABA AMONT	1931790	1202707502	1984	N 11 28 00	E 0 24 00		L	N
96	Kompiança	TAGOU	1931800	1202707003	1970	N 11 09 00	E 0 37 00	5640	L	D
97	Sinhou	SAMBOLI	1931810	1202708003	1976	N 11 16 00	E 1 01 00	4560	L	D

Mature: N - Niveau seulement Equipement: E - Ebelle
D - Niveau et Débits L - Limnigraphe
* - Fermane.

Tableau 4.2.2 - INVENTAIRE DES STATIONS HYDROMETRIQUES
(Sources : fichiers BLT, avril 1991) (suite)

BURKINA FASO

DIRECTION DE L'INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

SERVICE HYDROLOGIE

LISTE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

N°	Cours d'eau	Station	Code	Code	Année	Coordonnées		Surface (Equ Nat		
			ORSTOM	ORSTOM		début	Latitude	Longitude	km²	
98	Barrage	WEDHILA 1	1931815		1986	N 12 08 40	E 1 25 00	148	L	N
99	Barrage	WEDHILA 2	1931816		1987	N 12 08 40	E 1 25 00	148	E	N
100	Doudede	ARLY	1931820	1202704803	1989	N 11 32 00	E 1 25 00	6050	L	D
101	Pandjari	ARLY	1931830	1202704010	1976	N 11 26 00	E 1 34 00	10960	L	D
		BASSIN DU HIGHER								
102	Kara	OURSI	1934150	1201509102	1976	N 14 40 00	W 2 27 00	274	E	N
103	Barrage	DABLO	1934175		1983	N 13 43 00	W 1 12 00	200	E	N
104	Pinna	KELBO YARCHI	1934200		1982	N 13 52 00	W 1 09 00	637	E	*
105	Tiditea	KIEDMA	1934225		1982	N 13 19 00	W 0 50 00	430	E	N
106	Baraboulé	BOGROUMA	1934250		1982	N 14 14 00	W 0 44 00	450	E	*
107	Pinna	AMBOUMA	1934275	1201501702	1982	N 13 43 00	W 0 44 00	3655	L	*
108	Yavougouri	BARGA	1934300		1982	N 13 38 00	W 0 44 00	2635	L	*
109	Tiditea	MARTENGA	1934325		1982	N 13 08 00	W 0 21 00	2387	L	*
110	Faga	MARRIBOUGO	1934350	1201501708	1982	N 13 27 00	W 0 27 00	7237	L	D
111	Tiditea	IBGUEDEBOUIN	1934375		1982	N 12 57 00	W 0 37 00	1290	E	*
112	Faga	YALOGO	1934400	1201501720	1982	N 13 55 00	W 0 14 00	8450	E	N
113	Barrage	DAKIRI	1934425	1201509020	1982	N 13 18 00	W 0 18 00	2195	E	N
114	Barrage	TOGGOURI	1934450	1201509030	1982	N 13 19 00	W 0 31 00	1640	E	N
115	Nanni	KANFI	1934475	1201508030	1973	N 13 18 00	W 0 16 00	5000	L	D
116	Barrage	KANFI	1934500	1201508025	1982	N 13 16 00	W 0 13 00	2792	E	N
117	Bali	TIN ANOP	1934525	1201501230	1963	N 14 32 00	W 0 10 00	2360	E	N
118	Goudabo	YAKOUTA	1934550	1201504003	1963	N 14 05 00	W 0 08 00	1640	L	*
119	Goudabo	FALAGOUSTOU	1934555	1201504010					L	D
120	Faga	KOALLA	1934575	1201501707	1982	N 13 24 00	W 0 08 00	9587	L	D
121	Coroel	KORIKIENA	1934600	1201501803	1955	N 14 22 00	W 0 02 00	2500	L	D
122	Kara	DORI	1934625	1201509710	1984	N 14 02 00	W 0 02 00		E	N
123	Kara	MARROYE	1934650	1201509725	1985	N 14 22 00	E 0 02 00		E	N
124	Sirba	BILANGA	1934675	1201502503	1970	N 12 38 00	E 0 02 00	3451	L	D
125	Barrage	SANOU	1934700			N 13 02 00	E 9 50 00	640	E	N
126	Yali	SIENNA	1934750	1201505010	1976	N 13 26 00	E 0 30 00	2280	L	D
127	Faga	LIPTOGOGO	1934775	1201501710	1973	N 12 41 00	E 0 16 00	15900	L	D
128	Bali	KABIA	1934800	1201501210	1970	N 14 51 00	E 0 12 00	2000	E	N
129	Sirba	BOSSÉGAL	1934825	1201502505	1973	N 12 55 00	E 0 32 00	9920	L	D
130	Kara	KIGA	1934850	1201509720	1985	N 13 36 00	E 1 44 00	150	E	N
131	Bossoqa	KANKANTYAMA	1934875	1201501405	1976	N 12 29 00	E 0 55 00	3700	E	*
133	Goureoubi	DAGOU	1934900	1201501410	1986	N 12 48 00	E 1 14 00	5892	L	D
134	Tapoa	DIAPAGA	1934925	1201503005	1976	N 12 08 00	E 1 47 00	2374	E	N
135	Diamançou	BOTOU	1934950	1201501602	1976	N 12 41 00	E 2 04 00	2994	E	D

Nature: N - Niveau seulement
D - Niveau et Débits
* - Ferme

Equipement: E - Echelle
L - Limnigraphe

A1-9 : Cap Vert

Date de la mission d'expertise :

17 novembre au 1 décembre 1990

Nom de l'organisme évaluateur :

ORSTOM

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Les études hydrologiques entreprise au Cap Vert sont extrêmement réduites et sont récentes. Elles concernent exclusivement l'île de Santiago, ont débutées en 1984 et sont rassemblées dans un document AGRHYMET de 1988. Auparavant deux bassins versants avaient été suivis par l'ORSTOM de 1978 à 1984, débouchant sur un ouvrage « Hydrologie de l'archipel du Cap Vert ».

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

Le chef du département d'Agroclimatologie et d'Hydrologie de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INIA), sous la tutelle du Ministère du développement Rural, dirige aussi la Division Hydrologie, dont le chef de division est un ingénieur formé par AGRHYMET.

Personnel

La division comporte donc 1 ingénieur hydrologue AGRHYMET, 2 techniciens supérieurs hydrologues, et 2 hydrométristes. Les observateurs des stations sont engagés durant les 5 mois où les écoulements sont possibles.

Budget

Aucun budget n'a été communiqué pour la division hydrologie aux activités imbriquées dans celles du département Agroclimatologie et Hydrologie. Ce budget dépendait fin 1990 fortement du projet AGRHYMET.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

8 bassins, de 4 à 28 km² étaient exploités en fin 1990 sur l'île de Santiago exclusivement. Les 2 bassins suivis sur les îles de Fogo et de San Nicolau n'étaient plus opérationnels. Chaque station est équipée d'un limnigraphe Telimnip, et il y a de gros problèmes de maintenance des stations.

Traitement des données

Les données du réseau hydrométriques ont été archivées et traitées par le logiciel G06, sous la forme de débits instantanés resaisis sous HYDROM. Il faudrait revenir aux données de hauteur et aux étalonnages pour pouvoir critiquer ces données. Les mesures de débits proviennent surtout de jaugeages au flotteur imprécis et les courbes de jaugeage sont fortement extrapolées.

Publication des données

Les données anciennes sur l'île de San Nicolau ont été publiées par l'ORSTOM et les données récentes de Santiago figurent dans les annuaires disponibles de 1984 à 1988, lors du passage des experts.

Banques de données

La banque de données HYDROM était donc fin 1990 une banque de débits instantanés et journaliers exclusivement, comptant 26 années-stations. Le nombre de lacune est important, compte tenu du fonctionnement approximatif des limnigraphes.

Qualité des données

La qualité des données n'est donc pas très bonne, ce qui est prévisible avec des écoulements aussi irréguliers et violents. Mais il faut surtout insister sur le fait que les étalonnages, basés sur de rares

jaugeages au flotteurs, puis de larges extrapolations, ne sont que fort peu satisfaisants et que les débits sont donc encore fort mal connus. Les conditions d'amélioration de la qualité de ces données reposent donc d'abord sur un meilleur équipement en téléphériques de jaugeage et limnigraphes plus performants.

Informations diverses et conclusions :

L'hydrologie dans les îles du Cap Vert est donc encore très sommaire, pourtant les besoins de mieux connaître les ressources en eau sont importants dans toutes les îles, d'autant que les régimes hydro-climatiques de celles-ci sont relativement variés.

Tableau 4.3.1 - RESEAU HYDROLOGIQUE DU CAP VERT
1988
ILE DE SANTIAGO

N°	Station	Cours d'eau	Sup. B.V. km ²
1516010	Sao Jorge	SECA	4.00
1516011	Ponte Ferro	SECA	14.80
1516012	Poilao	SECA	28.22
1516013	Achada Baleia	S. DOMINGOS	28.43
1516014	Chao Bom	GRANDE(TARR.)	16.37
1516015	Figueira Gorda	SANTA CRUZ	20.28
1516016	*Bala	S. MIGUEL	9.91
1516017	Belem	BELEM	17.39

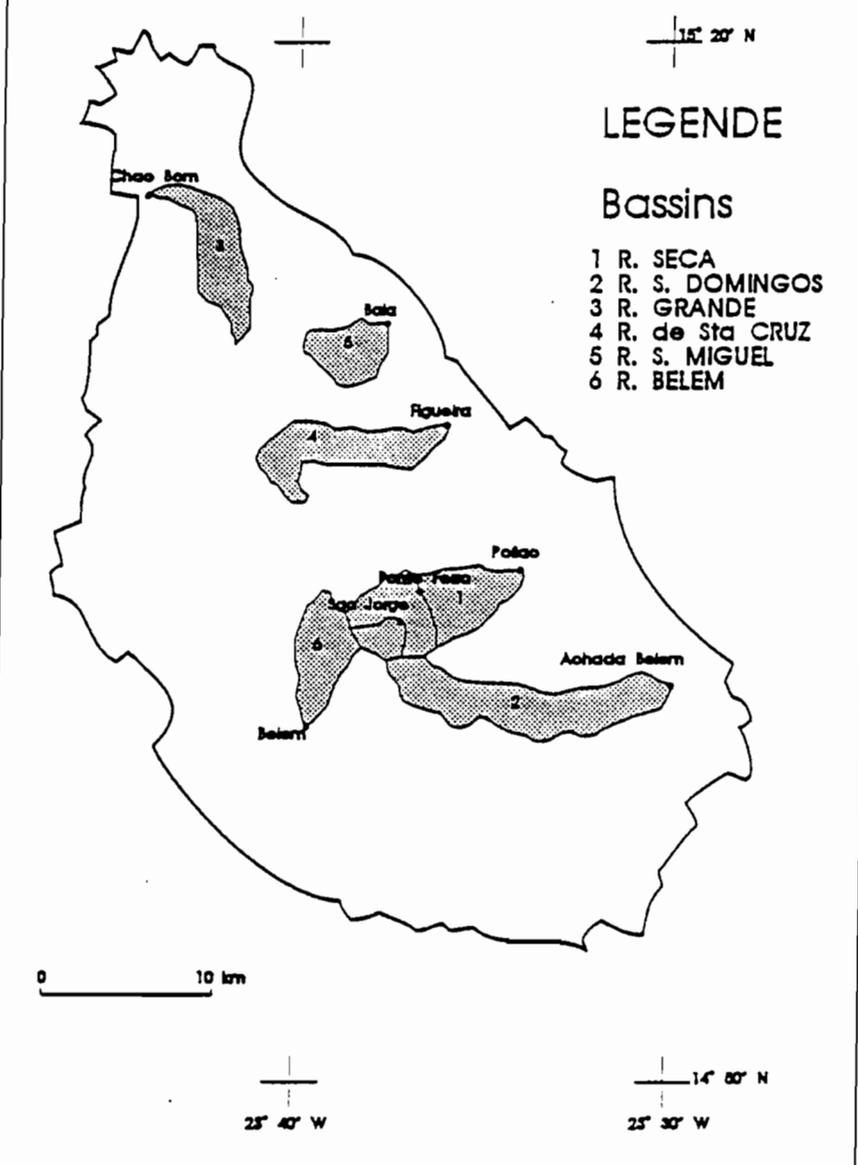
Tableau 4.3.2 - ILES DE FOGO ET DE SAN NICOLAU

N°	Station	Cours d'eau	Sup. Km ²
1516018	*Campanas	CAMPANAS	5.00
1516019	Vila da Rib. Brava	BRAVA	6.75

* Stations en projet.

Ile de SANTIAGO

Observations Hydrologiques



A1-10 : Soudan

Le document obtenu auprès de l'OMM étant ancien (1988), les appréciations qui suivent peuvent être devenues erronées et doivent donc être prises avec réserve.

Date de la mission d'expertise :

11 janvier au 12 février 1988.

Nom de l'organisme évaluateur :

Sir Alexander Gibb & Partners et Institute of Hydrology.

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Le Nil est l'un des bassins fluviaux du monde parmi les plus documentés. Des mesures systématiques de hauteurs d'eau ont commencé à Assouan en Egypte dès 1869, et au Soudan à Wadi Halfa en 1890. Les mesures de débit sur le Nil commençaient en 1900, mais ne furent systématiques qu'à partir de 1912. Plusieurs sites ont ainsi des séries d'observation ininterrompues de 1912 à maintenant. Les bassins des tributaires (Sobat, Bahr el Zeraf, Bahr el Ghazal) furent équipés progressivement et disposent souvent eux aussi de longues périodes d'observation.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

Il y a trois organisations distinctes qui se partagent la collecte et le traitement des données hydrologiques au Soudan. Pour le bassin du Nil qui comprend la plus grande partie du pays, c'est le Ministère Soudanien de l'Irrigation (SMI) et le Département Egyptien de l'Irrigation (EID) qui ont cette compétence. A quelques exceptions, les rivières qui n'appartiennent pas au bassin du Nil (ou plus exactement dont les écoulements y parviennent rarement) sont de la responsabilité de la Corporation Nationale Rurale de l'Eau (NRWC). L'essentiel des mesures et du traitement des données nécessaires à l'irrigation en Egypte continue à être entrepris par l'EID, basé à Khartoum, et il y a un bureau régional à Malakal. Le SMI contrôle pour sa part les stations nécessaires aux programmes d'irrigation au Soudan. La liaison entre les Ministères égyptien et soudanien de l'eau est bonne et ils ont une longue tradition de coopération à travers le « Permanent Joint Technical Commission for Nile Waters » (PJTC), qui coopère aussi avec le Kenya et l'Ouganda, mais malheureusement pas l'Ethiopie. Les contacts entre SMI et NRWC sont insuffisants.

Personnel

Renseignements non obtenus

Budget

Renseignements non obtenus

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

Il faut considérer que le réseau est partagé entre 3 ensembles : le bassin du Nil à l'aval de Malakal, le bassin du Nil à l'amont de Malakal et les zones hors du bassin versant du Nil. A l'aval de Malakal le Nil bleu et l'Atbara venus des plateaux éthiopiens apportent 70 % du débit, le reste venant du Nil blanc. A l'amont de Malakal, le réseau hydrographique est très ramifié et complexe. Il y a plusieurs types de stations, les unes fournissent seulement des données de hauteurs d'eau, d'autres fournissent aussi des données de hauteurs d'eau et sont étalonnées, ce qui permet de calculer les débits instantanés et les débits moyens correspondants aux hauteurs, d'autres enfin font l'objet de jaugeages épisodiques, parfois séparés de plusieurs mois, entre lesquels on procède à des extrapolations pour avoir des débits journaliers. La plupart des stations sont maintenant équipées d'échelles. Il y eut plusieurs projets d'équipements en télétransmission, mais les difficultés politiques font qu'ils ne semblent pas avoir été réalisés comme prévu, ou ne sont plus opérationnels. Les stations du sud-ouest en principe du ressort de la NRWC, à cause de l'état de guerre, ne sont plus

observées pour la plupart. Nous avons rassemblé dans le tableau suivant les principales données chiffrées sur ce réseau issues des tableaux de stations en annexe.

	Total	E	S	NRWC	R	I	M	S	F
Main Nile	7	7	3	0	7	0	0	0	0
Blue Nile	11	7	10	0	10	0	1	0	0
White Nile	5	5	1	0	2	3	0	2	0
Sobat	17	17	0	0	5	8	4	0	0
Bahr el Zeraf	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Bahr el Ghazal	8	7	8	0	5	0	3	0	0
Bahr el Jebel	32	32	0	0	4	13			(15)
Outside Nile Basin	49	0	4	45	1	0	0	0	48
TOTAL	130	76	26	45	34	25	8	2	48

Signification des légendes :

Total : nombre total de stations actives ; E : nb stations du EID ; S : nombre stations du SMI ; NRWC : nombre stations du NRWC. R : débits obtenus par transformation des cotes par étalonnage ; I : débits obtenus par extrapolation entre jaugeages successifs ; M : mixage R et I ; S : débits obtenus par mesures déversements de barrages ; F : débits obtenus par mesure de vitesse de surface.

Sur le réseau du Soudan, 130 stations seraient donc en activité, dont seulement 26 gérées par le SMI soudanien et 45 par le NRWC. Encore faut-il s'interroger sur le degré d'activité des stations du sud.

Traitement des données

Le traitement des données se fait séparément dans les 3 services du SMI, de l'EID et de la NRWC, avec apparemment des procédures comparables inspirées des méthodes britanniques. Les données hydrologiques ont été au moins partiellement informatisées, dans des conditions différentes pour le SMI et l'EID. Pour la période 1971 à 1986, les données moyennes sont saisies et lors du passage des experts en 1988 les données récentes étaient saisies au fur et à mesure. La situation a certainement beaucoup évolué depuis la mission.

Le traitement des données par le NRWC, lorsqu'elles existent, semble plus sommaire, ce qui est d'autant plus regrettable qu'il s'agit d'écoulements très irréguliers. Ce service paraît mal équipé.

Publication des données

Les données, surtout anciennes, ont été largement publiées par le SMI et l'EID dans les nombreux volumes de la collection « The Nile Basin ». Il ne semble pas en aller de même pour les données récentes.

Banques de données

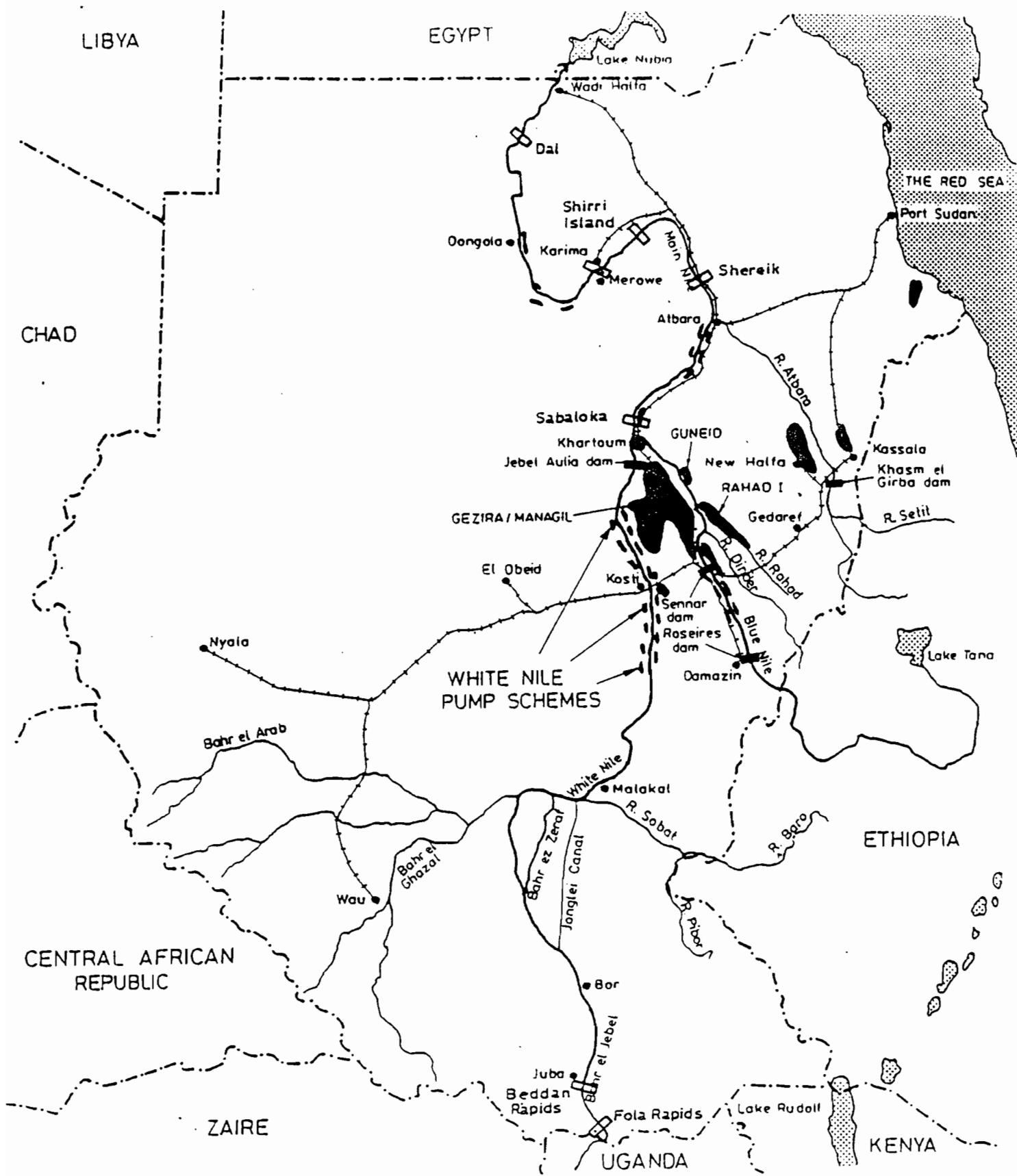
Nous manquons d'informations exhaustives sur les banques de données actuelles, mais dans le rapport obtenu, on note pour la moitié environ des stations retenues pour une critique détaillée l'existence de lacunes abondantes à partir de 1983-1984. Il semble donc bien que hors des stations de référence, qui intéressent aussi l'Egypte, la qualité des données soit en rapide détérioration. Le rapport est naturellement trop ancien pour étayer une opinion plus actuelle.

Qualité des données

Nous avons déjà soulevé le cas des données de débits extrapolées entre les jaugeages. Les comparaisons entre les données SMI et EID faites par le rapport en 1988 montrent des différences notables qui entachent la confiance que l'on peut porter à des données jugées traditionnellement plutôt bonnes.

Informations diverses et conclusions :

Le rapport obtenu date maintenant de plus de 6 ans et on peut supposer que la situation a considérablement évolué dans un sens que nous ignorons, à partir d'une situation qui en 1988 pouvait inspirer quelques craintes. Il était alors manifeste que le réseau du Nil indispensable aux irrigations égyptiennes était encore assez bien suivi, mais que la partie à charge du SMI soudanien vivait plutôt sur les qualifications acquises. Le réseau du NRWC paraissait tomber en déshérence, en grande partie à cause de la rébellion du sud.



- International boundary
- Railway
- Existing dam
- Existing irrigated areas
- Potential dam project

PROJECT SITES

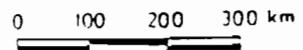


TABLE 2.1

Gauging Stations in the Sudan for which flow data are available

Number	Name	Period of avail- able record	Oper- ated by	Type	Lati- tude	Longi- tude	Comments
..... MAIN NILE AND TRIBUTARIES							
1	1100112 Main Nile at Halfa and Kajnarty	1890 - 1964	E	R	21.33 N	31.00 E	1
2	1100092 Main Nile at Dongola	1962 -	E+S	R	19.10 N	30.32 E	S from 1978
3	1100062 Main Nile at Dagash	1949 - 53	E	R	19.20 N	33.29 E	
4	1000052 Atbara at K.3 from mouth	1903 -	E+S	R	7.41 N	34.00 E	S from 1976
5	1000042 Atbara at Kashm el Girba	1971 - 74	S	R	15.00 N	35.55 E	
6	1000062 Kashm el Girba main canal	1971 -	S	R	15.00 N	35.55 E	
7	1000072 Atbara at el Showak	1971 - 73	S	R	14.23 N	35.47 E	
8	1001012 Setit at Wad el Heleiw	1971 -	S	R	14.15 N	36.15 E	2
9	1000012 Atbara at Kubor	1967 -	S	R	14.05 N	36.00 E	3
10	1100042 Main Nile at Hassanab and Hudeiba	1908 -	E	R	17.39 N	33.39 E	
11	1100012 Main Nile at Tamaniat	1911 -	E+S	R	15.58 N	32.39 E	S from 1978
..... BLUE NILE AND TRIBUTARIES							
12	0900152 Blue Nile at Khartoum and Soba	1900 -	E(+S)	R	15.36 N	32.31 E	4
13	0902022 Rahad at Abu Haraz (mouth)	1908 - 61	E	R	14.25 N	33.32 E	
14	0902032 Rahad at el Hawata	1972 -	S	R	13.24 N	34.37 E	
15	0900122 Blue Nile at Wad Medani	1905 - 14	E	R	14.24 N	33.31 E	
16	0901022 Dinder at Hillet Idris (mouth)	1907 - 61	E	R	13.57 N	33.44 E	
17	0901032 Dinder at Gwasi	1972 -	S	R	13.19 N	34.06 E	
18	0900072 Blue Nile d/s Sennar dam	1906 -	E+S	R	13.33 N	33.38 E	S from 1971
19	0900062 Blue Nile u/s Sennar dam	1982 -	S	R	13.33 N	33.38 E	
20	0900162 Gezira main canal	1925 -	E+S	R	13.33 N	33.38 E	S from 1972
21	0900172 Managil new main canal	1959 -	E+S	M	13.33 N	33.38 E	S from 1972
22	0900052 Blue Nile at Wad el Aies & Roseires	1912 -	E(+S)	R	13.00 N	34.00 E	5
23	0900032 Blue Nile d/s Roseires dam	1983 -	S	R	11.50 N	34.23 E	
24	0900022 Blue Nile u/s Roseires dam	1982 -	S	R	Precise location unknown		
25	0900012 Blue Nile at Eddiem	1964 -	S	R	11.14 N	34.59 E	Opened 1962
..... WHITE NILE AND TRIBUTARIES							
26	0800252 White Nile at Mogren	1911 -	E	I,S	15.37 N	32.31 E	
27	0800232 White Nile d/s Gebel Aulia dam	1944 -	E	I,S	15.13 N	32.30 E	
28	0800132 White Nile at Renk	1928 - 47	E	R	11.40 N	32.49 E	
29	0800112 White Nile at Melut	1947 -	E	R	10.26 N	32.15 E	
30	0807012 Khor Adar near mouth	1948 - 57	E	I	10.23 N	32.16 E	
31	0800092 White Nile at Malakal	1905 -	E+S	R	9.33 N	31.40 E	S from 1980
..... RIVER SOBAT AND TRIBUTARIES							
32	0700052 Sobat at Hillet Doleib	1905 -	E	R	9.21 N	31.37 E	
33	0714012 Khor Fullus at mouth	1929 - 40	E	I	9.18 N	31.38 E	
34	0700032 Sobat d/s Khor Nyanding	1934 -	E	M	8.40 N	32.40 E	
35	0703012 Khor Nyanding at mouth	1934 -	E	I	8.40 N	32.39 E	
36	0702012 Khor Twalor at mouth	1934 - 72	E	R	8.33 N	32.57 E	
37	0700022 Sobat at Nasser (d/s Baro-Pibor J.)	1929 -	E	R	8.38 N	33.04 E	

TABLE 2.1 (continued)

38	0701012	Khor Wakau at mouth	1934 -	E	R	8.38 N	33.04 E	
39	0704132	Baro at mouth (w/s Baro-Pibor jct.)	1929 -	E	I	8.26 N	33.15 E	
40	0704122	Baro d/s Khor Makeir head	1945 -	E	I	8.27 N	33.18 E	
41	0715012	Khor Makeir at its head	1945 - 63	E	I	8.28 N	33.19 E	
42	0704102	Baro d/s Baro-Adura junction	1942 -	E	I	8.27 N	33.24 E	
43	0704052	Baro w/s Baro-Adura junction	1945 -	E	I	8.27 N	33.24 E	
44	0716012	Khor Barakwich at its tail	1948 - 53	E	I	8.27 N	33.36 E	
45	0717052	Spillout on right bank of Baro (4.3 km d/s Mechar head)	1948 - 51	E	I	8.28 N	33.37 E	
46	0704092	Baro d/s Khor Mechar head	1945 -	E	I	8.29 N	33.39 E	
47	0707012	Khor Mechar at offtake from Baro	1928 -	E	M	8.29 N	33.39 E	
48	0717042	Spillout on left bank of Baro (3.5 km u/s Mechar head)	1948 - 53	E	I	8.28 N	33.40 E	
49	0717032	Spillout on right bank of Baro (4.3 km u/s Mechar head)	1948 - 53	E	I	8.28 N	33.40 E	
50	0716022	Barakwich channel at its head	1948 - 53	E	I	8.26 N	33.42 E	
51	0717022	Spillout on left bank of Baro (18 km u/s Mechar head)	1948 - 53	E	I	8.23 N	33.46 E	
52	0717012	Spillout on right bank of Baro (18.5 km u/s Mechar head)	1948 - 51	E	I	8.23 N	33.46 E	
53	0704082	Baro d/s Khor Jokau mouth	1946 -	E	I	8.22 N	33.47 E	
54	0705012	Khor Jokau at mouth	1942 -	E	I	8.22 N	33.47 E	
55	0717062	Spillin on right bank of Baro (6.5 km u/s Khor Jokau)	1948 - 53	E	I	8.21 N	33.49 E	In Ethiopia
56	0704062	Baro d/s Baro-Adura bifurcation	1944 - 56	E	I			In Ethiopia
57	0706012	Adura at offtake from Baro	1946 - 56	E	I			In Ethiopia
58	0713012	Khor Makwai at junction with Adura	1946 - 56	E	I			In Ethiopia
59	0706022	Adura d/s Makwai mouth	1946 - 56	E	I			In Ethiopia
60	0704042	Baro w/s Baro-Adura bifurcation	1943 - 56	E	I	8.20 N	33.56 E	In Ethiopia
61	0704022	Baro w/s Khor Makwai head	1945 - 51	E	I			In Ethiopia
62	0704012	Baro at Gambeila	1928 - 59	E	R	8.17 N	34.40 E	In Ethiopia
63	0708082	Pibor u/s Baro-Pibor junction	1929 - 33	E	M	8.26 N	33.13 E	
64	0718012	Khor Macap at mouth	1938 - 80	E	I	8.24 N	33.12 E	
65	0708072	Pibor d/s Makwai mouth	1929 - 33	E	R	8.21 N	33.13 E	
66	0713012	Khor Makwai at junction with Pibor	1929 -	E	M	8.21 N	33.13 E	
67	0708052	Pibor u/s Makwai mouth	1929 -	E	M	8.21 N	33.13 E	
68	0708062	Pibor d/s Gila-Pibor junction	1929 - 33	E	R	8.09 N	33.11 E	
69	0712012	Gila at mouth	1929 -	E	R	8.09 N	33.11 E	
70	0708042	Pibor u/s Gila-Pibor junction	1929 -	E	R	8.09 N	33.11 E	
71	0711012	Khor Geni at mouth	1934 - 49	E	I	7.49 N	32.59 E	
72	0708032	Pibor d/s Akobo-Pibor junction	1929 - 33	E	R	7.48 N	33.03 E	
73	0710012	Akobo at mouth	1929 - 44	E	R	7.47 N	33.04 E	
74	0708022	Pibor u/s Akobo-Pibor junction	1929 - 44	E	R	7.47 N	33.02 E	
75	0709012	Agwei at mouth	1934 - 44	E	R	7.38 N	33.03 E	
76	0708012	Pibor at Pibor Post	1929 - 32	E	R	6.48 N	33.08 E	
..... WHITE NILE AND TRIBUTARY								
77	0802012	Khor Attar at its tail	1938 - 64	E	I	9.20 N	31.25 E	
..... BAHR EL ZERAF AND TRIBUTARIES								
78	0503112	Bahr el Zeraf at K.3 from mouth	1908 -	E	I	9.25 N	31.08 E	
79	0511012	Khor Ban at mouth	1943 - 53	E	I	9.06 N	30.55 E	
80	0503092	Bahr el Zeraf at Fanjak	1940 - 73	E	I	9.04 N	30.53 E	
81	0510012	Khor Ghiaz Ghiaz at mouth	1943 - 53	E	I	9.03 N	30.50 E	

TABLE 2.1 (continued)

82	0509012	Khor Niazleil at mouth	1943 - 77	E	I	9.02 N	30.49 E	
83	0512012	Khor Yei at mouth	1943 - 53	E	I	8.57 N	30.50 E	
84	0503082	Bahr el Zeraf at pole 19	1940 - 73	E	I	8.53 N	30.53 E	
85	0503072	Bahr el Zeraf at pole 29	1940 - 73	E	I	8.36 N	30.47 E	
86	0508012	Khor Famyr at mouth	1943 - 73	E	I	8.35 N	30.47 E	
87	0507012	Khor Tithbiel at mouth	1943 - 73	E	I	8.27 N	30.42 E	
88	0503062	Bahr el Zeraf at Meshra Kwatich	1940 - 73	E	I	8.19 N	30.42 E	
89	0506012	Gang's channel at its tail	1940 - 73	E	I	8.14 N	30.39 E	
90	0503132	Bahr el Zeraf u/s Gang's channel	1940 - 73	E	I	8.14 N	30.39 E	
91	0505012	Khor Jurwell at mouth	1940 - 73	E	I	8.12 N	30.40 E	
92	0504012	Khor Gurr near mouth	1940 - 73	E	I	8.07 N	30.41 E	
93	0503032	Bahr el Zeraf u/s Khor Gurr	1940 - 59	E	I	8.07 N	30.40 E	
94	0503022	Bahr el Zeraf d/s tail of cut 2	1926 - 69	E	I	7.53 N	30.36 E	
95	0503012	Bahr el Zeraf d/s tail of cut 1	1937 - 40	E	I	7.48 N	30.37 E	
96	0503122	Bahr el Zeraf u/s tail of cut 1	1926 - 37	E	I	7.48 N	30.37 E	
..... WHITE NILE AND TRIBUTARIES								
97	0800052	White Nile at Abu Tong	1923 -	E	I	9.26 N	31.07 E	
98	0800032	Tonga cut at mouth	1933 - 59	E	I	9.27 N	31.06 E	
99	0800262	White Nile u/s Barboi head	1935 - 40	E	I	9.29 N	30.56 E	
100	0801012	Khor Yergol at mouth	1932 - 60	E	M	9.28 N	30.46 E	
101	0800022	White Nile u/s Khor Yergol	1935 - 40	E	I	9.29 N	30.46 E	
102	0808012	Khor on l. of White Nile at tail	1938 - 53	E	I	9.29 N	30.45 E	
103	0809012	Maya Sinyora at mouth	1933 - 60	E	I	9.29 N	30.37 E	
104	0800272	White Nile u/s Maya Sinyora	1935 - 40	E	I	9.30 N	30.36 E	
105	0800012	White Nile d/s Lake No	1923 - 40	E	I	9.31 N	30.32 E	
..... BAHR EL GHAZAL AND TRIBUTARIES								
106	0600082	Bahr el Ghazal at mouth (exit from Lake No)	1923 - 40	E	I	9.31 N	30.28 E	
107	0600072	Bahr el Ghazal d/s Khor Doleib (Suddite)	1938 - 73	E	I	9.24 N	30.12 E	
108	0600062	Bahr el Ghazal d/s Khor el Raqaba ez Zarqa	1953 - 64	E	I	9.14 N	29.49 E	
109	0600042	Bahr el Ghazal u/s Khor el Raqaba ez Zarqa	1956 - 64	E	I	9.12 N	29.48 E	
110	0601042	Bahr el Arab at mouth	1956 - 63	E	I	9.03 N	29.28 E	
111	0602052	Pongo at Pongo (d/s road bridge)	1944 - 60	E	R	8.26 N	27.31 E	
112	0602042	Pongo at Pongo (through road br.)	1944 - 72	E	R	8.26 N	27.31 E	
113	0613012	Kyom at road bridge	1942 - 57	E	I	8.42 N	27.24 E	
114	0602022	Lot at Wedwel	1942 - 43	E	R	9.00 N	27.13 E	
115	0602012	Lot at Nyamlet	1944 -	E,S	R	9.09 N	27.00 E	S from 1973
116	0601012	Bahr el Arab at Mading	1958 - 59	E	I	9.42 N	28.09 E	
117	0600022	Bahr el Ghazal u/s Bahr el Arab	1956 - 64	E	I	9.01 N	29.27 E	
118	0603092	Jur at Ghabat el Warana	1953 - 61	E	I	8.45 N	28.45 E	
119	0603082	Jur at Deim Beshir	1953 - 61	E	I	8.34 N	28.18 E	
120	0603072	Jur at Gogrial	1956 -	E,S	M	8.31 N	28.07 E	E to 1961, S from 1980
121	0603062	Jur at Kuajok (K.105)	1953 - 61	E	I	8.18 N	28.03 E	
122	0603052	Jur d/s river Geti	1953 - 61	E	I	8.03 N	28.04 E	
123	0603042	Geti through road bridge	1942 - 72	E	I	7.57 N	27.50 E	
124	0603032	Jur u/s river Geti	1953 - 61	E	I	8.01 N	28.03 E	
125	0603022	Jur at Nyinakok	1953 - 61	E	I	7.57 N	28.04 E	
126	0614012	Khor Nyinakok at mouth	1953 - 61	E	I	7.57 N	28.04 E	
127	0603012	Jur at Wau	1930 -	E,S	R	7.40 N	28.03 E	S from 1972

TABLE 2.1 (continued)

128	0604032	Busseri at Negohalima	1953 -	E,S	M	7.31 N	27.54 E	S from 1972
129	0604022	Busseri at Akanda	1953 - 54	E	I	7.25 N	27.47 E	
130	0605032	Sue at K.7 from mouth	1953 -	E,S	M	7.37 N	28.06 E	E to 1961, S from 1981
131	0605012	Sue at Raffili	1953 - 54	E	I	6.54 N	27.58 E	
132	0615012	Bo through road bridge	1953 - 54	E	I	6.48 N	27.55 E	
133	0606022	Tonj at Tonj (d/s road bridge)	1942 - 60	E	R	7.17 N	28.46 E	
134	0606012	Tonj at Tonj (through road bridge)	1944 -	E,S	R	7.17 N	28.46 E	S from 1973
135	0607022	Makak No. 2 through road bridge	1942 - 59	E	I	Juba-Wau main road, precise location unknown		
136	0608012	Patenge No. 1 through road bridge	1942 - 54	E	I	"	"	" " "
137	0609022	Gel d/s road bridge (old crossing)	1942 - 59	E	I	7.02 N	29.11 E	
138	0609012	Gel through road bridge (new br.)	1942 - 72	E	I	7.02 N	29.11 E	
139	0610022	Gulmar through road bridge	1942 - 60	E	I	6.55 N	29.30 E	
140	0611042	Wokko through road bridge	1942 - 60	E	I	Juba-Wau main road, precise location unknown		
141	0611032	Sassary through road bridge	1942 - 60	E	I	"	"	" " "
142	0611022	Kargoya through road bridge	1942 - 60	E	I	"	"	" " "
143	0611022	Naam at Rumbek	1975 -	S	R	6.39 N	29.54 E	
144	0611012	Naam at Mvolo	1942 - 74	E	R	6.03 N	29.55 E	
145	0612022	Yei at Mundri	1942 - 60	E	R	5.22 N	30.21 E	
146	0612012	Yei through road bridge	1944 -	E,S	R	5.22 N	30.21 E	S from 1973

..... SAHR EL JEBEL AND TRIBUTARIES

147	0500272	Bahr el Jebel near mouth	1923 - 40	E	I	9.30 N	30.31 E	
148	0500262	Bahr el Jebel at Buffalo Cape	1936 -	E	I	9.13 N	30.23 E	
149	0500252	Bahr el Jebel at Hillet Nuer	1936 -	E	I	8.09 N	30.18 E	
150	0500312	Bahr el Jebel d/s Peske's channel tail	1927 -	E	I	7.54 N	30.33 E	
151	0512062	Peske's channel at its tail	1937 - 40	E	I	7.55 N	30.32 E	
152	0500242	Bahr el Jebel d/s head of cut 2	1926 - 40	E	I	7.50 N	30.33 E	
153	0512052	Jebel-Zeraf cut 2 at its head	1926 - 53	E	I	7.50 N	30.33 E	
154	0512042	Jebel-Zeraf cut 2 at its tail	1926 - 53	E	I	7.51 N	30.37 E	
155	0512032	Jebel-Zeraf cut 1 at its head	1926 -	E	I	7.47 N	30.33 E	
156	0512022	Jebel-Zeraf cut 1 at its tail	1926 - 64	E	I	7.48 N	30.37 E	
157	0500232	Bahr el Jebel u/s head of cut 1	1926 - 40	E	I	7.46 N	30.33 E	
158	0512012	Peske's channel at its head	1937 - 73	E	I	7.39 N	30.31 E	
159	0500302	Bahr el Jebel u/s Peske's channel head	1936 -	E	I	7.39 N	30.31 E	
160	0500212	Bahr el Jebel d/s Lake Nyong	1937 -	E	I	7.30 N	30.36 E	
161	0500292	Bahr el Jebel u/s Lake Nyong	1937 - 39	E	I	7.27 N	30.36 E	
162	0500202	Bahr el Jebel d/s Awai tail 3	1936 -	E	I	7.18 N	30.42 E	
163	0500182	Bahr el Jebel d/s Awai tail 1	1936 -	E	I	6.58 N	30.55 E	
164	0500172	Bahr el Jebel u/s Awai tail 1	1936 - 76	E	I	6.57 N	30.55 E	
165		Atem at Jonglei (W. channel Site 3)	1932 -	E	R	6.49 N	31.15 E	
166		Atem at Jonglei (E. channel Site 4)	1932 - 70	E	R	6.49 N	31.15 E	
167	0502012	Atem at Jonglei (Sites 3 & 4)	1932 - 64	E	R	6.49 N	31.15 E	
168		Atem at PBM Atem III	1978 -	E				6
169		Atem at PBM Atem II	1978 -	E				6
170		Atem at PBM Atem I	1978 -	E				6
171		Atem at PBM Atem IV	1978 -	E				6
172		Atem u/s Atem-Jonglei bifurcation	1973 -	E				6
173		Atem u/s Right Khor at head	1978 -	E				6
174		Atem d/s Right Khor at mouth	1978 -	E				6
175		Atem u/s Left Khor at mouth	1978 -	E				6
176		Atem d/s Left Khor at mouth	1978 -	E				6
177		Atem d/s West Atem at mouth	1978 -	E				6
178		West Atem at mouth	1978 -	E				6

TABLE 2.1 (continued)

179	Atem u/s New West Atem at mouth	1978 -	E				6
180	West Atem at Khor head	1978 -	E				6
181	Atem d/s East Atem at mouth	1978 -	E				6
182	Atem head 18	1938 - 40	E	I			6
183	0500322 Bahr el Jebel u/s pole 93	1978 -	E		6.55 N	31.01 E	6
184	0500162 Bahr el Jebel at Keneisa	1936 -	E	I	6.49 N	31.07 E	
185	0500152 Bahr el Jebel u/s pole 104	1937 -	E	I	6.42 N	31.15 E	
186	0500142 Bahr el Jebel d/s Lake Papiu	1936 -	E	I	6.33 N	31.18 E	
187	0500282 Lake Papiu at mouth	1936 - 41	E	I	6.33 N	31.18 E	
188	0500132 Bahr el Jebel u/s Lake Papiu	1936 - 79	E	I	6.33 N	31.19 E	
189	0500122 Bahr el Jebel u/s pole 114	1936 -	E	I	6.28 N	31.24 E	
190	0500112 Bahr el Jebel at Bor	1905 -	E	R	6.13 N	31.33 E	No data 1943 - 77
191	0513012 Khor Unyam Kojie at head	1925 - 60	E	R	6.12 N	31.33 E	
192	0500102 Bahr el Jebel at Malek	1946 -	E	I	6.05 N	31.36 E	
193	0500072 Bahr el Jebel (Western channel) at Giggling	1931 - 67	E	R	5.39 N	31.45 E	
194	0500082 Bahr el Jebel (Eastern channel) at Gemeiza	1931 -	E	R	5.41 N	31.47 E	
195	0500062 Bahr el Jebel at Terrakekka	1931 - 42	E	R	5.28 N	31.46 E	
196	0500052 Bahr el Jebel at Mongalla	1905 -	E	R	5.12 N	31.46 E	
197	0501012 Assua at mouth	1923 - 65	E	R	3.43 N	32.00 E	
198	0500022 Bahr el Jebel at Meshra Surroul (Nimule)	1913 - 60	E	R	3.43 N	31.56 E	
..... STATIONS OUTSIDE THE NILE BASIN							
199	5101032 Gash at Tendlie	1984 -	S	F	15.57 N	36.20 E	7
200	5101082 Gash at Vota	1982 -	S	F	15.30 N	36.21 E	7
201	5101022 Gash at Kassala bridge (1.5km u/s)	1982 -	S	F	15.28 N	36.22 E	7
202	5101012 Gash at el Gera	1982 -	S	F	15.15 N	36.29 E	7
203	RS1 Khor Arbaat at Arbaat	1957 -	NRWC	R	19.50 N	36.57 E	
204	RS2 Khor Sallum at Sallum	1958 - 69	NRWC	F	19.25 N	37.10 E	
205	RS3 Khor Odrour at Odrour (No. A)	1960 - 79	NRWC	F	19.06 N	36.32 E	
206	RS4 Khor Odrour at Odrour (No. B)	1981 -	NRWC	F	19.20 N	36.25 E	
207	RS5 Khor Gowb at Gowb (No. A)	1958 -	NRWC	F	18.00 N	37.10 E	
208	RS6 Khor Gowb at Gowb (No. B)	1976 -	NRWC	F	18.02 N	37.10 E	
209	RS7 Khor Arab at Arab	1960 -	NRWC	F	18.45 N	37.02 E	
210	RS8 Khor Arab at Erba	1974 - 79	NRWC	F	18.20 N	36.18 E	
211	RS9 Khor Arab at Tohamiyam	1974 - 80	NRWC	F	18.20 N	36.32 E	
212	RS10 Khor Aiterba at Aiterba	1977 -	NRWC	F	17.57 N	38.21 E	
213	RS11 Khor Kass at Kass	1979 -	NRWC	F	18.16 N	36.11 E	
214	K1 Khor Fargha at Abu Fargha	1960 -	NRWC	F	14.02 N	35.22 E	
215	K2 Khor Azazat el Fiel at Azazat el Fiel	1966 -	NRWC	F	13.19 N	35.18 E	
216	K3 Khor Abu Ghamida at Abu Ghamida	1965 - 75	NRWC	F	13.33 N	35.22 E	
217	K4 Khor Essagaa at Essagaa	1967 - 75	NRWC	F	13.31 N	35.31 E	
218	BN1 Khor Bau at Bau (dam)	1959 - 68	NRWC	F	10.22 N	34.06 E	
219	BN2 Khor Wadaka at Wadaka	1978 -	NRWC	F	10.30 N	33.56 E	
220	BN3 Khor el Samaa at el Samaa	1982 -	NRWC	F	10.41 N	33.39 E	
221	BN4 Khor Ghormain at Ghormain	1983 -	NRWC	F	10.18 N	34.10 E	
222	NK1 Khor Abu Habil at Abu Habil	1978 -	NRWC	F	12.39 N	30.42 E	
223	NK2 Khor Abu Habil at Errahad Turaa	1973 -	NRWC	F	12.32 N	30.24 E	
224	NK3 Khor el Sikeran at el Sikeran	1982 -	NRWC	F	13.11 N	29.50 E	
225	NK4 Khor el Sikeran at Nabalat	1982 -	NRWC	F	12.47 N	30.11 E	
226	NK5 Khor Abu Habil at Gardud el Arak	1983 -	NRWC	F	12.30 N	30.35 E	

TABLE 2.1 (continued)

227	SK1	Khor el Abbasiya at Abbasiya	1968 -	NRWC	F	12.10	N	31.19	E
228	SK2	Khor Rashad at Rashad (dam)	1974 - 76	NRWC	F	11.50	N	31.04	E
229	SK3	Khor Abu Erouge at Abu Gubeiha	1973 - 75	NRWC	F	12.28	N	31.14	E
230	SK4	Khor Abu Habil at Uma Bremita	1974 -	NRWC	F	11.01	N	30.41	E
231	SK5	Khor Abu Habil at ed Dilling	1974 -	NRWC	F	12.02	N	29.38	E
232	SK6	Wadi el Ghella at el Sunut	1967 -	NRWC	F	11.10	N	29.02	E
233	SK7	Wadi el Ghella at el Negaat	1972 - 87	NRWC	F	11.43	N	28.39	E
234	SK8	Wadi el Ghella at ed Daba el Tawila	1973 - 79	NRWC	F	11.35	N	28.19	E
235	SK9	Wadi el Ghella at es Seneta ez	1973 - 74	NRWC	F	11.06	N	28.01	E
Zarga									
236	SK10	Wadi Shelango at el Far	1968 -	NRWC	F	11.36	N	28.58	E
237	SK11	Wadi Shelango at Shelango en Nabag	1972 -	NRWC	F	11.29	N	28.57	E
238	SK12	Wadi Shelango at Abu el Likry	1973 -	NRWC	F	11.00	N	28.49	E
239	SK13	Khor el Bardab at el Bardab	1972 - 83	NRWC	F	11.12	N	29.40	E
240	SK14	Khor el Bardab at el Kadi	1973 -	NRWC	F	11.14	N	29.33	E
241	SK15	Khor el Bardab at el Kofa	1972 -	NRWC	F	10.59	N	29.29	E
242	SK16	Khor el Bathe at Umm Adara	1972 -	NRWC	F	11.10	N	29.31	E
243	SK17	Khor el Bardab at Meribara	1974 -	NRWC	F	11.04	N	29.35	E
244	ND1	Wadi Abu Sunut at Abu Gidad	1964 - 74	NRWC	F	14.07	N	23.14	E
245	ND2	Wadi Abu Sunut at Tilfou	1966 - 73	NRWC	F	14.24	N	23.32	E
246	ND3	Wadi Abu Sunut at Erigi	1965 - 72	NRWC	F	14.00	N	24.15	E
247	ND4	Wadi el Kou at Wadi el Kou	1977 -	NRWC	F	13.23	N	25.31	E
248	ND5	Wadi Bargu at Umm Senina	1978 -	NRWC	F	13.37	N	23.33	E
249	ND6	Wadi Beada	1982 -	NRWC	F				8
250	ND7	Wadi Bary	1983 -	NRWC	F				8
251	SD1	Wadi Kalkandi at Afindo	1972 -	NRWC	F	11.53	N	25.10	E
252	SD2	Bahr el Arab at el Higerrat	1972 -	NRWC	F	10.18	N	25.05	E
253	SD3	Wadi Abu Likalik at Abu Likalik	1973 -	NRWC	F	10.44	N	23.41	E
254	SD4	Wadi Kaya at Idd el Ghanam	1972 -	NRWC	F	11.29	N	24.22	E
255	SD5	Wadi Ibra at Neshala	1972 -	NRWC	F	10.59	N	24.32	E
256	SD6	Wadi Bulbul at Timbusku	1972 -	NRWC	F	11.47	N	24.35	E
257	SD7	Wadi el Hamra at el Hamra	1975 -	NRWC	F	12.54	N	25.03	E
258	SD8	Umm Hegara	1984 -	NRWC	F	11.16	N	23.48	E
259	N1	El Awateeb	1982 -	NRWC	F	16.33	N	33.09	E
260	N2	El Hawad	1983 -	NRWC	F				8
261	N3	El Makabrab	1987 -	NRWC	F				8
262	N4	El Hodi	1987 -	NRWC	F				8
263	N5	Een el Agila	1987 -	NRWC	F				8

TABLE 2.1 (continued)

KEY

Stations operated by:	E	Egyptian Irrigation Department
	S	Sudan Ministry of Irrigation
	E+S	data are published by both E and S
	E,S	data were published by E previously, now by S
	NRWC	National Rural Water Corporation
Types of station:	R	flows computed by means of a rating curve
	I	flows computed by arithmetic interpolation between measured discharges
	M	flows computed by a mixture of R and I methods
	S	flows computed from dam sluice gate data
	F	flows computed from float measurements of surface velocity

A1-11 : Ouganda

Le rapport consulté date de mars 1988. Il est donc trop ancien pour donner une idée précise de l'état actuel du réseau.

Date de la mission d'expertise :

13 au 19 mars 1988.

Nom de l'organisme évaluateur :

Sir Alexander Gibb & Partners et Institute of Hydrology.

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays

Les lacs couvrent 15 % des 235810 km² de l'Ouganda. L'hydrographie est complexe, puisque l'érection du rift a inversé le sens d'écoulement des rivières qui anciennement partaient vers le bassin du Congo à l'ouest et maintenant empruntent la direction du nord après la traversée de plusieurs systèmes lacustres. L'histoire de la collecte de données en Ouganda commence à la fin du 19^{ème} siècle sous le gouvernement égyptien qui entretient un réseau d'observation sur les rivières Kagera, Semliki et Nil, ainsi que sur les lacs Albert et Victoria. En 1947 le gouvernement ougandais crée le Département de Mesures Hydrologiques (HSD) et des arrangements sont faits avec le gouvernement égyptien. A la fin de 1949, 15 stations de jaugeage existent, sur un total de 20 stations sur les lacs et rivières d'Ouganda. En 1956 le HSD passe sous le contrôle du nouveau Département du Développement Hydraulique (WDD), qui est placé sous la tutelle du Ministère du Développement de l'Hydraulique et des Mines. En 1967 était créé, sous l'instigation du PNUD et de l'OMM, le service de mesures hydrométéorologiques des bassins des lacs Victoria, Kyoga et Albert (HYDROMET Survey), qui couvre 75 % de l'Ouganda. HYDROMET réhabilite et complète le réseau préexistant.

En 1979 la guerre détruit toutes les stations existantes. En 1982 la phase II d'HYDROMET entreprend la réhabilitation du réseau qui est confié au service national. Le WDD est basé à Kampala; mais le Service Hydrologique est installé à Entebbe, où se trouve le quartier général de HYDROMET.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

La Section Hydrologique apparaît comme une section de la Division des Ressources en Eau du WDD. On notera que le directeur du projet HYDROMET est au même niveau hiérarchique que la division des Ressources en Eau. 8 centres régionaux complètent le dispositif.

Le projet HYDROMET, après avoir été lors de sa première phase un collecteur de données au même titre que le WDD, dans sa deuxième phase se consacre davantage à la mise en oeuvre du modèle mathématique et recherchait pour se faire les fonds pour renforcer le réseau.

Personnel

Officiellement, le personnel de la section d'hydrologie du WDD devrait comporter 30 personnes au niveau des hydrologues senior et des inspecteurs. En 1988 lors du passage des experts, il n'y avait que 14 personnes pour toute la section.

Budget

Le budget n'a pas été communiqué, mais le rapport fait état de difficultés de fonctionnement à tous les niveaux, particulièrement en ce qui concerne les véhicules et le recrutement des lecteurs d'échelles.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

Le réseau original du WDD comportait en 1974 136 stations opérationnelles, dont 101 stations installées sur les rivières (23 limnigraphes) et 35 sur les lacs (14 limnigraphes). On peut dire que ce réseau couvrait la quasi totalité du territoire de façon à peu près satisfaisante. En 1987 HYDROMET

entreprit un inventaire de l'état des stations hydrologiques, d'où il résultait que 3 stations seulement avaient échappé à la guerre. Mais la réhabilitation d'un certain nombre de stations avait été entreprise par le WDD qui annonce dans un inventaire daté de mars 1988 un réseau opérationnel composé de 20 stations sur des rivières et 4 sur des lacs. En fait, compte tenu des difficultés à visiter les stations et à trouver des lecteurs, on peut considérer que la plupart de ces stations n'étaient pas début 1988 en réalité opérationnelles.

Traitement des données

La responsabilité de la collecte des données aux stations est partagée entre les 8 inspections qui sont chargées de vérifier les stations, d'exécuter les jaugeages et d'envoyer les relevés à la section d'hydrologie. La section est chargée de l'archivage des données, du dépouillement des jaugeages et du tracé des étalonnages. Tous les dossiers de stations anciens ont été perdus pendant la guerre et bien qu'il y ait des possibilités d'informatisation à Entebbe, tous les traitements se font encore manuellement.

Publication des données

De 1949 à 1960 le WDD publiait un rapport annuel fournissant les hauteurs d'eau. A partir de 1970 étaient aussi publiés les débits calculés et jaugés. HYDROMET publia aussi un certain nombre de données. Au total, le rapport consulté fait état de données existant à 146 stations, auxquelles correspondent 2395 années-stations de hauteurs d'eau, 1436 de débits mesurés et 712 années de débits publiés. HYDROMET publia les données dans des annuaires de 1970 à 1980, avec des lacunes considérables à partir de 1978.

Banques de données

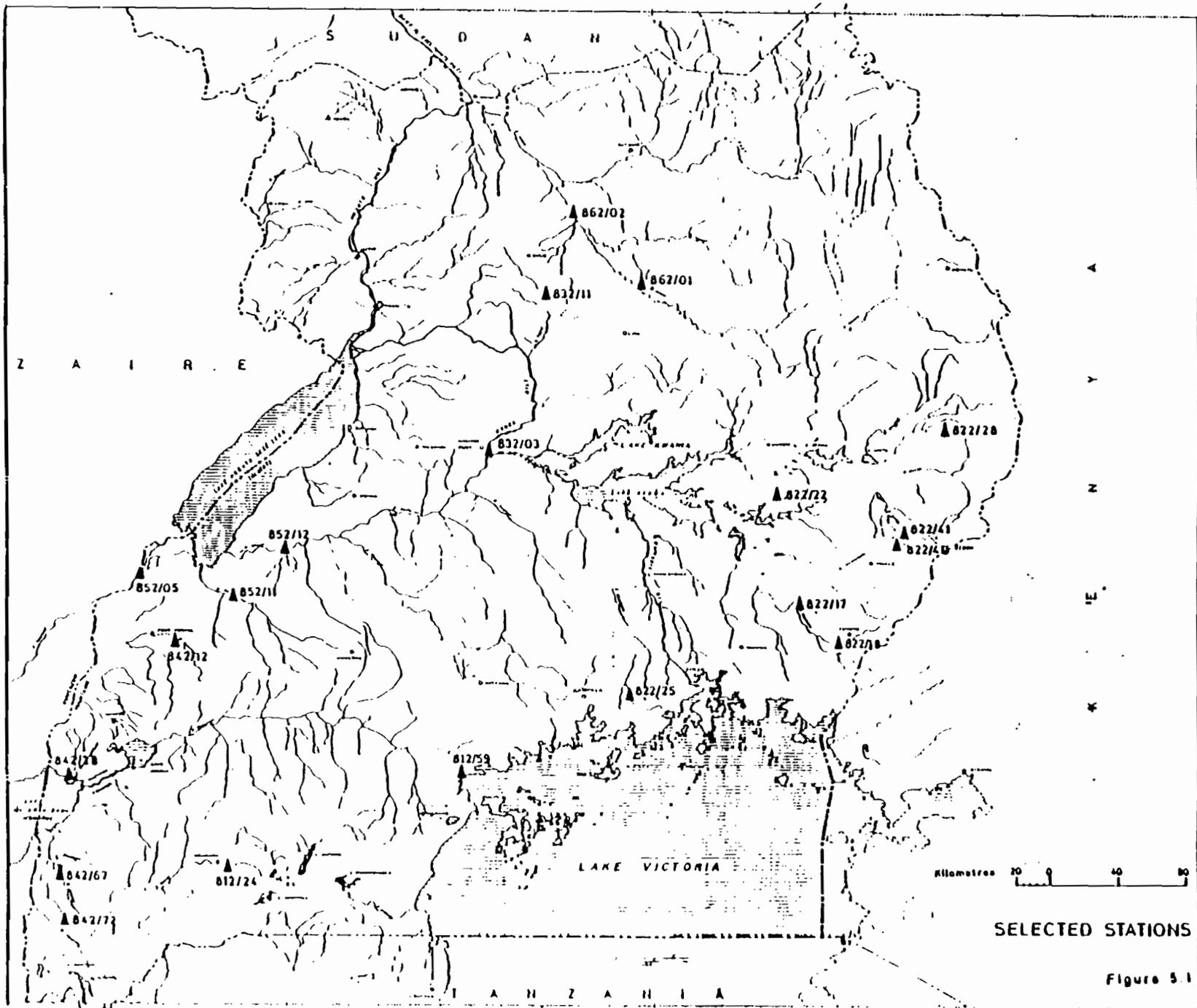
Pour les besoins de l'évaluation faite en 1988, 20 stations furent sélectionnées et toutes les données disponibles saisies sous le logiciel HYDATA. C'était alors la seule banque de données disponible, obtenue à partir des données publiées précédemment.

Qualité des données

Les conclusions du rapport sur la qualité des données, basées sur les 20 stations choisies, sont contrastées. Les dossiers de stations retrouvés sont difficilement utilisables. Les courbes d'étalonnage anciennes n'ont pas été retrouvées. Il y a des différences importantes entre les données publiées par WDD et HYDROMET aux mêmes stations. En résumé, les données paraissent de qualité très médiocre.

Informations diverses et conclusions :

La date de réalisation du rapport d'évaluation (1988) est trop ancienne pour que l'on puisse véritablement émettre une opinion définitive sur l'état actuel du réseau. On peut néanmoins dire qu'à cette époque le réseau ne paraissait pas opérationnel, faute de moyen, et que les données récupérées, à partir des publications anciennes étaient en général de piètre qualité.



SELECTED STATIONS

Figure 5.1

STATUS OF W.D.D. HYDROMETRIC STATIONS
IN 1988

Station No.	Name of Station	Date Rehabilitated	Date of Last Visit
ENTEBBE INSPECTORATE			
812/01	L. Victoria at Entebbe	Nov. 1984	Mar. 1988
812/02	L. Victoria at Jinja	Nov. 1986	Sep. 1987
MBALE INSPECTORATE			
822/13	R. Namatala	Feb. 1987	Apr. 1987
822/12	R. Manafwa	Feb. 1987	Apr. 1987
822/18	R. Malaba	Mar. 1987	Mar. 1987
KASESE INSPECTORATE			
842/18	R. Kanyampala	Jul. 1987	Jul. 1987
842/35	R. Nyamuğasani	Jul. 1987	Jul. 1987
842/18	R. Nyamuğasani	Jul. 1987	Jul. 1987
-	R. Lubilia	Jul. 1987	Jul. 1987
-	R. Lubilia	Jul. 1987	Jul. 1987
-	R. Mpondwe	Jul. 1987	Jul. 1987
MASINDI INSPECTORATE			
852/01	L. Albert at Butiaba	Aug. 1987	Aug. 1987
0302052	R. Waki II	Aug. 1987	Aug. 1987
0302062	R. Siba	Aug. 1987	Aug. 1987
852/07	R. Iboke	Aug. 1987	Aug. 1987
832/13	R. Kafu	Aug. 1987	Aug. 1987
822/10	L. Kyoga at Rahemtulla Port	Aug. 1987	Aug. 1987
MASAKA INSPECTORATE			
812/59	R. Katonga	Jul. 1987	Jul. 1987
812/58	R. Bukora	Jul. 1987	Jul. 1987
812/33	R. Kibale	Jul. 1987	Jul. 1987
812/60	R. Kibimba	Jul. 1987	Jul. 1987
812/19	R. Katonga Bugomola	Jul. 1987	Jul. 1987
-	R. Nabajjuzi	Jul. 1987	Jul. 1987
-	R. Musansala	Jul. 1987	Jul. 1987

Notes: Information supplied by W.D.D. in March 1988. A dash (-) signifies a new station location for which no number has yet been allocated.

TABLE A2.1 : Sheet 1 of 2 LIST OF STATIONS IN W.D.D. CATCHMENT 1 : LAKE VICTORIA

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude	Longitude Opened	Date up to	Operated	Comments
812/01	01 00 011	+	L. Victoria at Entebbe	0° 02' N	32° 28' E	1896	7/1987	-
812/02	01 00 021	+	L. Victoria at Jinja	0° 25' N	33° 13' E	1912	7/1987	-
812/03	01 00 031	+	L. Victoria at Kisumu	0° 06' S	34° 44' E	1898	1974	Kenya
812/04	01 00 041	+	L. Victoria at Nansio Port	2° 10' S	33° 22' E	1931		Tanzania
812/10	01 00 081	+	L. Victoria at Ukerewe Island	1° 58' S	33° 02' E	1952	8/1977	Tanzania
812/09	01 00 091	+	L. Victoria at Musoma	1° 30' S	33° 48' E	1953	8/1977	Tanzania
812/31	01 00 101	+	L. Victoria at Mwanza	2° 31' S	32° 53' E	1953	*	Tanzania, *File
812/32	01 00 111	+	L. Victoria at Bukoba	1° 21' S	31° 50' E	1953	2/1978	Tanzania
812/05	01 00 121	-	L. Victoria at Bukakata	0° 18' S	32° 02' E	1955	2/1980	
812/12	01 00 131	-	L. Victoria at Majanji (Mjanji)	0° 15' N	33° 59' E	1955	12/1983	812/12 = River 1949-52
(812/14)	01 00 141	+	L. Victoria at Bukasa Island	-	-	*	12/1983	*File missing
(812/15)	01 00 151	+	L. Victoria at Kome	-	-	1972	3/1987	-
812/22	01 15 022	+	R. Kagera at Kyaka Ferry	1° 16' S	31° 26' E	1940	12/1960	-
812/49	01 15 072	+	R. Kiruruma(N.) at Kabale-Kisoro Rd	1° 15' S	29° 59' E	1955	11/1984	-
812/48	01 15 092	+	R. Nyakizumba at Maziba	1° 19' S	30° 05' E	1956	11/1984	Formerly called 842/59
812/50	01 15 102	+	R. Kiruruma(S.) at Kitumba	1° 17' S	30° 00' E	1956		Formerly called 842/57
812/51	01 15 112	-	R. Kiruruma(S.) Kamuganguzi Cr.	1° 22' S	30° 01' E	1956	Closed 1965	Formerly called 842/58
812/52	01 15 122	-	R. Kiruruma(S.) Kamuganguzi	1° 23' S	30° 00' E	1956	Closed 1964	Formerly called 843/61
812/53	01 15 132	+	R. Kiruruma(S.) at Rwanda Border	1° 25' S	30° 01' E	1962	9/1977	
812/54	01 15 142	+	R. Kiruruma(S.) at Katuna	1° 25' S	30° 00' E	1962	10/1977	
812/24	01 16 012	+	R. Rulzi at Mbarara	0° 37' S	30° 39' E	1954	2/1979	See also 0116162
812/33	01 16 022	+	R. Kibale at Kalungi	0° 46' S	31° 21' E	1958	8/1980	Prom 1968: Hydromet
812/34	01 16 031	+	L. Kijanebalola at Kyetaka	0° 41' S	31° 24' E	1958	3/1980	-
812/35	01 16 041	-	L. Nakivale at Kahirimbi	0° 50' S	30° 52' E	1958	11/1984	-
812/36	01 16 051	+	L. Nakivale at Rukinga	0° 48' S	30° 54' E	1959	*	*File missing
812/38	01 16 061	+	L. Mburo at Rupoporo	0° 38' S	30° 55' E	1959	5/1980	-
812/39	01 16 071	+	L. Kachira at Rukukuru (Lukukulu)	0° 33' S	31° 07' E	1959	7/1980	-
812/40	01 16 081	+	L. Kijanebalola at Rwenswera	0° 44' S	31° 19' E	1959	12/1977	-
812/42	01 16 091	-	L. Karunga (Kalunga) at Kyebwera	0° 43' S	31° 09' E	1959	*	*File missing

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude Opened	Longitude up to	Date	Operated	Comments
812/41	01 16 101	-	L. Nakivale at Orichinga	0° 49' S	30° 48' E	1959	*	*File missing
812/55	01 16 111	+	L. Nakivale at Kasojo	-	-	1963	12/1984	-
812/43	01 16 121	+	R. Kibale at Kalungi (Falls)	0° 47' S	31° 21' E	1964	9/1972	-
812/56	01 16 131	-	L. Kijanebalola at Kaserere	0° 41' S	31° 19' E	1964	*	*File missing
812/57	01 16 141	-	L. Kijanebalola at Kisozi Island	0° 42' S	31° 19' E	1964	Closed 1966	-
812/58	01 16 152	+	R. Bukora at Katera	0° 54' S	31° 36' E	1964	5/1980	-
(812/24)	01 16 162	+	R. Ruizi at Mbarara	-	-	1969	-	-
(812/23)	01 16 172	+	R. Kibale at Kalungi	-	-	1968	2/1984	See also nearby 812/24
812/28	01 17 012	+	R. Mpamajugu near Myanzi	0° 26' S	31° 58' E	1957	8/1980	See also 812/33
812/59	01 17 022	+	R. Katonga at Kampala-Masaka Rd.	0° 07' S	31° 56' E	1965	2/1982	Closed 1959 - 1965
812/60	01 17 031	+	R. Kibimba at Kanoni-Mubende Rd.	0° 12' N	31° 42' E	1965	2/1982	-
812/61	01 17 041	+	R. Katonga at Nkonge(Rail Bridge)	0° 13' N	31° 10' E	1966	12/1978	-
812/62	01 17 052	+	R. Katonga at Nkonge(Road Bridge)	0° 13' N	31° 10' E	1966	8/1981	-
-	01 17 062	+	R. Katonga at Bugomola	-	-	1969	-	-
-	01 17 072	+	R. Habakazi at Kasambya	0° 10' N	31° 15' E	1969	-	-
-	01 17 081	+	R. Kibimba at Kyamuyisa	-	-	1969	-	Abandoned due to Swamps
-	01 17 092	+	R. Kakinga West u/s	-	-	-	-	-
-	01 18 012	-	Katonga confluence	0° 01' N	35° 00' E	1969	-	01 18 012
-	-	-	R. Musansala	-	-	-	-	-
812/06	-	-	L. Victoria at Busungwe	-	-	-	-	Kenya
812/07	-	-	L. Victoria at Port Southby	-	-	-	-	Kenya
812/08	-	-	L. Victoria at Muhoro Bay	-	-	-	-	Kenya
812/11	-	-	R. Sio at Luanda Ginnery	-	-	1949	-	Kenya
812/13	-	-	R. Yala at Abom	-	-	1950	-	Kenya
812/17	-	-	R. Kuja at Kilere	-	-	1950	-	Kenya
812/18	-	-	R. Mori at Utegi	-	-	1950	-	Kenya
812/20	-	-	L. Victoria at Maziba Mill	-	-	-	-	Tanzania
812/21	-	-	L. Victoria at Nyakanyasi Pier	-	-	-	-	-
812/23	-	-	R. Kagera at Masangano	-	-	-	-	-
812/26	-	-	R. Nakyetema at Masaka Rd Mile 25	-	-	-	Closed 1959	-
812/27	-	-	R. Nawandigi at Masaka Rd Mile 36	-	-	-	Closed 1959	-
812/37	-	-	R. Kuja at Onyer	-	-	-	-	-

TABLE A2.2. SHEET 1 OF 2 - LIST OF STATIONS IN W.D.D. CATCHMENT 2 : LAKE KYOGA

GIE ORSTOM-EDF HYDROCONSULT International

A1-64

OSS - Evaluation des reseaux hydrologiques

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake Opened	Latitude up to	Longitude	Date	Operated	Comments
822/02	02 00 011	+	L. Kyoga at Lale Port	1° 40' N	33° 27' E	1916	4/1981	-
822/01	02 00 021	+	L. Kyoga at Bugondo	1° 37' N	33° 17' E	1927	11/1980	-
822/05	02 00 031	+	L. Kyoga at Kachung	1° 55' N	32° 59' E	1965	12/1983	-
822/06	02 00 041	+	L. Kyoga at Lwampanga	1° 31' N	32° 31' E	1965	1975	-
822/07	02 00 051	+	L. Kyoga at Kigingi	1° 22' N	33° 03' E	1965	*	*File missing
822/08	02 00 061	+	L. Kyoga at Atera	1° 41' N	32° 15' E	1967	9/1983	-
822/10	02 00 071	+	L. Kyoga at Rahemtulla Port	-	-	-	-	-
822/19	02 01 012	+	R. Omunyal at Soroti-Agwata Rd.	1° 50' N	33° 26' E	1965	7/1981	-
-	02 01 022	+	R. Omunyal at Soroti-Otoboi Rd.	1° 54' N	33° 27' E	1967	-	-
-	02 01 032	+	R. Enget at Batta-Dokoto Rd.	2° 00' N	33° 11' E	1972	10/1975	822/20?
-	02 01 042	+	R. Olya at Acebe	-	-	1967	-	-
822/23	02 02 012	+	R. Kapiri at Rail Bridge	1° 40' N	33° 48' E	1948	5/1981	-
822/40	02 02 022	+	R. Siroko at Mbale-Moroto Rd.	1° 14' N	34° 15' E	1953	10/1983	-
822/41	02 02 032	+	R. Simu at Mbale-Moroto Rd.	1° 18' N	34° 17' E	1953	11/1984	-
822/42	02 02 042	+	R. Muyembe at Mbale-Moroto Rd.	1° 20' N	34° 18' E	1953	10/1984	-
822/43	02 02 072	+	R. Sipi at Mbale-Moroto Rd.	1° 23' N	34° 19' E	1953	11/1984	-
822/44	02 02 082	+	R. Atari at Mbale-Moroto Rd.	1° 30' N	34° 27' E	1953	6/1979	-
822/24	02 02 121	+	L. Bisina (Salisbury) at Opeta	1° 39' N	34° 08' E	1954	8/1981	-
822/31	02 02 132	+	R. Kalim(Greek)at Mbale-Moroto Rd	1° 36' N	34° 33' E	1956	7/1984	-
822/27	02 02 142	+	R. Kapiri at Kumi-Soroti Rd.	1° 40' N	33° 46' E	1958	2/1979	-
822/28	02 02 152	+	R. Namalu at Mbale-Moroto Rd.	1° 47' N	34° 36' E	1959	6/1979	-
822/29	02 02 162	-	R. Amaler at Mbale-Moroto Rd.	1° 47' N	34° 36' E	1959	Closed 1966	-
822/30	02 02 171	+	L. Bisina(Salisbury) at Osera	1° 36' N	33° 58' E	1961	6/1984	-
-	02 02 182	+	R. Akokoria at Soroti-Katakari Rd	1° 52' N	33° 51' E	1969	-	(822/45 ?)
822/12	02 03 012	+	R. Manafwa at Mbale-Soroti Rd.	0° 56' N	34° 10' E	1948	12/1980	-
822/13	02 03 022	+	R. Namatala at Mbale-Soroti Rd.	1° 07' N	34° 11' E	1948	3/1987	-
822/14	02 03 032	-	R. Malaba(Malawa) Tororo-Busia Rd	0° 35' N	34° 08' E	1948	Closed 1959	-
822/17	02 03 062	+	R. Mpologoma at Budumba	0° 50' N	33° 47' E	1948	6/1980	-
822/21	02 03 072	+	R. Agu at Kumi-Serere Rd.	1° 28' N	33° 42' E	1948	9/1981	-
822/22	02 03 082	+	R. Abuket at Kumi-Serere Rd.	1° 27' N	33° 40' E	1948	11/1979	-
822/18	02 03 092	+	R. Malaba(Malawa) Tororo-Jinja Rd	0° 35' N	34° 03' E	1955	5/1980	-
822/11	02 03 102	-	R. Manafwa at Bulucheko	1° 00' N	34° 21' E	1955	Closed 1959	-

TABLE A2.2

SHEET 2 OF 2 - W.D.D. CATCHMENT 2 : LAKE KYOGA

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude Opened	Longitude up to	Date	Operated	Comments
822/26	02 03 112	+	R. Kami at Tororo-Busia Rd.	0° 31' N	34° 06' E	1957	9/1979	-
822/32	02 03 121	+	R. Mpologoma at Kasodo(Kashojo)	1° 08' N	33° 37' E	1965*	8/1984	* 1956?
822/33	02 03 131	+	L. Nyaguo at Agule	1° 19' N	33° 43' E	1965*	12/1980	* 1956?
822/34	02 03 141	+	R. Manafwa at Bung Haji	0° 57' N	34° 00' E	1965*	-	* 1956?
822/35	02 03 151	+	R. Namatala at Kaiti	1° 01' N	34° 02' E	1965	10/1984	-
822/36	02 03 161	+	R. Lwere at Kanyum(Kajum)	1° 16' N	33° 52' E	1965	11/1980	-
-	02 03 202	+	R. Manafwa	-	-	1969	-	See 822/11
822/04	02 04 012	+	R. Victoria Nile at Namasagali	1° 01' N	32° 56' E	1916	5/1978	See Note (1)
822/03	02 04 021	+	R. Victoria Nile at Mbulamuti	0° 49' N	33° 02' E	1956	4/1983	See Note (2)
-	02 04 032	+	R. Victoria Nile at Mbulamuti	0° 50' N	33° 02' E	1969	-	See Note (2)
-	02 04 041	+	R. Victoria Nile at Lubayizi	-	-	-	-	Not established
822/25	02 05 012	+	R. Sezibwa at Sezibwa Falls	0° 22' N	32° 52' E	1957	-	-
822/03B	-	-	R. Victoria Nile at Luboizi	-	-	1972	5/1979	-
822/09	-	-	L. Nabigaga at Kiige	-	-	1969	3/1969	-
822/15	-	-	R. Malawa(2) at Tororo-Malakisi Rd	-	-	1949	Closed 1959	-
822/16	-	-	R. Malakisi at Busia-Malakisi Rd	-	-	1949	Closed 1959	-

Notes:

- (1) 822/04 - W.D.D. Annual Report (Ref. 9) quotes Station No. 832/02 for Victoria Nile at Namasagali.
 (2) 822/03 - W.D.D. Annual Report (Ref. 9) quotes Station No. 832/01 for Victoria Nile at Mbulamuti.

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude Opened	Longitude up to	Date	Operated	Comments
832/13	02 06 012	+	R. Kafu at Masindi-Kampala Rd.	1° 33' N	32° 03' E	1952	11/1983	-
832/15	02 06 022	-	R. Kizi at Masindi-Kampala Rd.	1° 38' N	31° 49' E	1965	Closed 1967	-
832/03	03 01 011	+	R. Kyoga Nile at Masindi Port	1° 42' N	32° 06' E	1912	10/1975	Also Hydromet 301102
832/07	03 01 022	+	R. Kyoga Nile at Fajao	2° 16' N	31° 41' E	1939	Closed 1971	-
832/06	03 01 031	+	R. Kyoga Nile at Kamdini	2° 16' N	32° 16' E	1940	12/1980	-
832/05	03 01 041	+	R. Kyoga Nile at Atura	2° 07' N	32° 20' E	1941	-	-
832/11	03 01 062	+	R. Tochi at Gulu-Lira Rd.	2° 33' N	32° 24' E	1950	12/1983	-
832/08	03 01 072	+	R. Kyoga Nile at Palango	1° 54' N	32° 21' E	1955	Closed 1973	-
832/09	03 01 082	+	R. Kyoga Nile at Paraa	2° 17' N	31° 35' E	1962	*	(1968), *File missing
832/12	03 01 092	+	R. Tochi at Gulu-Atura Rd.	2° 14' N	32° 20' E	1963	2/1978	-
832/04	-	-	R. Kyoga Nile at Kibuzi	-	-	1950	1950	-
832/14	-	-	R. Muyobozi near Jeza	-	-	1957	1957	Current meter gauging only
832/16	-	-	R. Ayago at Gulu-Pakwach Rd.	-	-	1969	7/1980	-

Notes:

- (1) Stations 832/01 and 832/02 - See footnotes to Table A2.2.
- (2) Stations 03 00 011, 03 00 31 - See A2. 5.

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude	Longitude	Date up to	Operated	Comments
842/01	03 05 041	-	Kazinga Channel at Katunguru	0° 07' S	30° 03' E	1942	9/1978	-
842/12	03 05 052	-	R.Mpanga at Kampala-Fort Portal Rd	0° 38' N	30° 24' E	1948	9/1981	-
842/21	03 05 072	-	R. Ruimi at Fort Portal-Kasese Rd	0° 22' N	30° 12' E	1952	5/1983	-
842/24	03 05 092	-	R. Rukoki at Fort Portal-Kasese Rd	0° 11' N	30° 07' E	1953	2/1985	-
842/23	03 05 102	-	R. Sebwe at Bugoye	0° 16' N	30° 07' E	1953	8/1968	-
842/51	03 05 111	-	L. Bunyonyi at Bwama Island	1° 17' S	29° 56' E	1953	12/1984	-
842/31	03 05 122	-	R. Rushoma at Kisizi	1° 01' S	29° 57' E	1953	Closed 1967	-
842/32	03 05 132	-	R. Bikongozo at Kisizi	1° 01' S	29° 56' E	1953	Closed 1967	-
842/22	03 05 152	-	R. Mubuku at Fort Portal-Kasese Rd	0° 16' N	30° 07' E	1953	8/1984	-
842/27	03 05 172	-	R. Chambura at Kichwamba	0° 12' S	30° 06' E	1954	11/1975	-
842/28	03 05 182	-	R. Nyamugasani at Katwe-Congo Rd	0° 07' S	29° 50' E	1954	8/1980	-
842/25	03 05 202	-	R. Kamulikwezi Ft. Portal-Kasese Rd	0° 10' N	30° 06' E	1954	12/1984	-
842/33	03 05 222	-	R. Rurindo(Inlet) at Nyarushanje	0° 59' S	29° 58' E	1955	Closed 1967	-
842/34	03 05 232	-	R. Rurindo(Outlet) at Nyarushanje	0° 57' S	29° 58' E	1955	Closed 1967	-
842/29	03 05 252	-	R. Kanyampara at Omunkunyu	0° 03' N	29° 51' E	1956	11/1979	Closed 1969, reopened when
842/64	03 05 302	-	R. Ntungu at Kagunguru-Congo Rd	0° 35' S	29° 43' E	1958	2/1985	-
842/65	03 05 312	-	R. Ishasha at Katunguru-Congo Rd	0° 45' S	29° 37' E	1958	Closed 1968	-
842/66	03 05 322	-	R. Rushaya at Kabale-Rwensama Rd	0° 35' S	29° 47' E	1958	-	(1968 Closed ?)
842/67	03 05 332	-	R. Mitano at Kanungu-Rwensama Rd	0° 41' S	29° 48' E	1958	2/1985	-
842/05	03 05 341	-	L. Edward at Rwensama	0° 23' S	29° 47' E	1962	Closed 1965	-
842/70	03 05 352	-	R. Chiruruma at Katete-Rwanga Rd	0° 46' S	29° 43' E	1964	2/1985	-
842/72	03 05 362	-	R. Ibalya at Kanungu-Katete Rd	0° 49' S	29° 45' E	1964	10/1982	-
842/68	03 05 372	-	R. Nyamweru at Katunguru-Congo Rd	0° 19' S	29° 52' E	1964	3/1985	-
842/71	03 05 382	-	R. Kasinga at Katoke	0° 36' S	29° 43' E	1964	Closed 1967	-
842/06	03 05 391	-	L. Edward at Katwe	0° 08' S	29° 52' E	1965	1/1979	-
842/07	03 05 401	-	L. George at Kasenyi	0° 02' S	30° 08' E	1965	6/1978	-
842/15	03 05 412	-	R. Mpanga at Fort Portal-Ibanda Rd	0° 06' N	30° 28' E	1966	5/1980	-
842/19	03 05 422	-	R. Sebwe at Fort Portal-Kasese Rd	0° 15' N	30° 07' E	1966	5/1974	-
842/18	03 05 432	-	R. Kanyampara at Equator Rd	0° 00'	29° 52' E	1968	7/1980	-
842/73	03 05 442	-	R. Ishasha at Katunguru-Congo Rd	0° 45' S	29° 37' E	1968	7/1980	-
842/17	03 05 452	-	R. Ilima at Fort Portal-Kasese Rd	0° 17' N	30° 10' E	1968	2/1982	-
842/16	-	-	R. Mpanga at Highway Bridge	-	-	-	2/1980	-
842/35	-	-	R. Nyamugasani at Equator Rd	-	-	1970	10/1982	-

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude	Longitude Opened	Date up to	Operated	Comments
842/11	-	-	R. Mpanga at Fort Portal Bazaar	-	-	1949	Closed 1959	Gauge heights only
842/13	-	-	R. Mpanga at Kabuga	-	-	1956	Closed 1959	Gauge heights only
842/14	-	-	R. Mpanga at Kiburara	-	-	1952	Closed 1956	-
842/20	-	-	R. Ruimi at Fort Portal-Mbarara Rd	-	-	1956	Closed 1959	-
842/26	-	-	R. Kamlikwezi at Muhokya	-	-	1952	1954	River course changed
842/30	-	-	R. Rushoma at Kisizi Falls	-	-	1953	1953	Operated one year only
842/40	-	-	R. Kaku at Kanyamateke	-	-	1955	1958	Gauge heights only
842/41	-	-	R. Kaku at Below Mumwalo Swamp	-	-	1953	Closed 1959	-
842/42	-	-	R. Mutanda at Outlet of Kaku River	-	-	1953	1957	-
842/43	-	-	Mumwalo Swamp at Outlet of Swamp	-	-	1954	1954	-
842/52	-	-	R. Buhara at Kabale-Mbarara Rd	-	-	1954	Closed 1959	-
842/53	-	-	R. Lower Buhara Kabale-Mbarara Rd	-	-	1954	Closed 1959	-
842/54	-	-	R. Kirurama at Kabale-Kisoro Rd	-	-	1955	1957	-
842/55	-	-	R. Nyakizumba at Kabale-Mbarara Rd	-	-	1955	Closed 1959	-
842/60	-	-	R. Kabaka at Chondo	-	-	1957	Closed 1959	-
842/62	-	-	R. Sebwe at Railway Bridge	-	-	1957	Closed 1959	-
842/63	-	-	R. Tenya at Bushenyi	-	-	1957	Closed 1959	-

Note:

(1) For 842/03 and 842/54 see Table A2.5

(2) All catchment 4 stations outside HYDRQMET Project Area (hence not listed in 1982, Ref. 21).

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude	Longitude	Date Opened	Operated up to	Comments
852/01	03 00 011	+	L. Mobutu (Albert) at Butiaba	1° 50' N	31° 19' E	1904	12/1984	-
852/06	03 00 031	+	L. Mobutu (Albert) at Ntoroko	1° 03' N	30° 32' E	1966	7/1978	-
852/07	03 02 032	+	R. Iboke at Kasokwa	1° 40' N	31° 37' E	1966	Closed 1967	-
852/08	03 02 042	-	R. Kayanja at Kyataruga	1° 39' N	31° 37' E	1966	Closed 1967	-
(852/17)	03 02 052	+	R. Waki (II) at Biiso/Hoima	1° 43' N	31° 22' E	*	10/1984	*Hydromet record from 19
-	03 02 062	+	R. Siba near Budongo Forest	1° 38' N	31° 29' E	1958	-	-
(852/16)	03 02 072	+	R. Waki (I) near Siba Forest	1° 40' N	31° 22' E	*	9/1978	*Hydromet record from 19
(852/14)	03 02 082	+	R. Wambabya at Ford at Lwangalya	-	-	1956	1958	Hydromet record from 19
852/12	03 03 012	+	R. Nkussi at Fort Portal-Hoima Rd	1° 08' N	31° 00' E	1956	6/1982	-
852/11	03 04 012	+	R. Muzizi at Fort Portal-Hoima Rd	0° 52' N	30° 44' E	1956	8/1980	-
852/05	03 05 012	+	R. Semliki at Bweramule	0° 57' N	30° 11' E	1940	6/1978	Formerly called 842/04
(842/02)	-	-	R. Semliki at Ishango	-	-	1940	Closed 1960	Station in Zaire
(842/03)	-	-	R. Semliki at Ngamba	-	-	1940	Closed 1960	Station in Zaire
852/02	-	-	R. Kasenyi	-	-	-	Closed 1960	-
852/03	-	-	R. Mobutu(Albert) Nile at Pakwach	-	-	1950	-	See also 872/10
852/04	-	-	R. Mobutu(Albert) Nile at Mutir	-	-	1950	-	See also 872/11
852/10	-	-	R. Muzizi at Escarpment	-	-	1955	1960	-
852/15	-	-	R. Waki at Hoima-Butiaba Rd	-	-	1956	1958	-

TABLE A2.6. : Sheet 1 of 1

LIST OF STATIONS IN W.D.D. CATCHMENT 6 : RIVER ASWA

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude	Longitude Opened	Date up to	Operated	Comments
862/01	04 03 012	-	R. Achwa(Aswa) at Paranga	2° 35' N	32° 56' E	1949	9/1981	-
862/02	04 03 022	-	R. Achwa(Aswa) at Gulu-Kitgum Rd	2° 57' N	32° 35' E	1949	7/1981	-
862/12	04 03 042	-	R. Pager at Kitgum	3° 18' N	32° 53' E	1958	*	*File missing
862/13	04 03 052	-	R. Agago at Kitgum-Lira Rd	2° 50' N	32° 58' E	1963	10/1981	-
862/14	04 03 062	-	R. Pager at Kitgum-Matidi	3° 15' N	33° 04' E	1967	10/1984	-
862/15	04 03 072	-	R. Pager at Naam Okora	3° 21' N	33° 21' E	1967	6/1983	-
862/16	04 03 082	-	R. Aringa at Kitgum-Mucwini Rd	3° 23' N	33° 01' E	1967	9/1981	-
862/03	-	-	R. Pager at Kitgum	-	-	1949	-	-
862/11	-	-	R. Pager at Gulu-Kitgum Rd	-	-	1949	Closed 1959	862/12 opened instead
862/17	-	-	R. Okura at Agoro	-	-	1970	4/1977	-

Notes: All catchment 6 stations outside HYDROMET Project area (hence not "listed 1982", Ref. 21).

Station No.	Revised No.	Listed 1982	River/Lake	Latitude	Longitude	Date Opened	Operated up to	Comments
872/10	04 00 012	+	R. Mobutu(Albert) Nile at Pakwach	2° 27' N	31° 30' E	1945	2/1979	See also 852/03
872/11	04 00 021	+	R. Mobutu(Albert) Nile at Mutir	2° 46' N	31° 24' E	1945	3/1984	See also 852/04
872/17	04 00 042	+	R. Mobutu(Albert) Nile at Laropi	3° 33' N	31° 49' E	1958	9/1971	-
(872/22)	04 00 052	+	R. Mobutu(Albert) Nile at Panyango	2° 31' N	31° 28' E	1973	11/1980	-
-	04 00 062	+	R. Mobutu(Albert) Nile at Laropi Port	-	-	1969	Closed	-
872/01	04 01 012	-	R. Nyarwodo(Namarodo) Angal-Okollo Rd	2° 30' N	31° 08' E	1955	8/1984	-
872/02	04 01 022	-	R. Ala(1) at Arua-Mutir Rd	2° 54' N	31° 04' E	1955	9/1978	-
872/03	04 01 032	-	R. Ora(1) at Okollo	2° 40' N	31° 09' E	1955	12/1979	-
872/05	04 01 052	-	R. Kochi(Koich) at Yumbe-Moyo Rd	3° 34' N	31° 26' E	1955	9/1978	Closed 1959
872/06	04 01 062	-	R. Anyau(Anau) at Arua-Yumbe Rd	3° 15' N	31° 07' E	1955	2/1978	Closed 1959
872/08	04 01 072	-	R. Oru at Arua-Yumbe Rd	3° 16' N	31° 08' E	1955	2/1978	Closed 1959
872/12	04 01 082	-	R. Ora(2) at Inde-Pakwach Rd	2° 43' N	31° 24' E	1956	8/1984	-
872/18	04 01 112	-	R. Nyagak at Nyapea	2° 62' N	30° 58' E	1967	8/1984	-
872/19	04 01 122	-	R. Ala at Oliva Falls	2° 56' N	30° 55' E	1968	8/1976	-
872/07	04 02 012	-	R. Ayugi at Atiak-Laropi Rd	3° 21' N	32° 02' E	1955	2/1980	-
872/04	-	-	R. Akaba at Angal-Okollo Rd	-	-	1955	Closed 1959	-
872/09	-	-	R. Adidi near Zaipi	-	-	1955	Closed 1959	-
872/14	-	-	R. Achwa(Aswa) Inde-Rhino Camp Rd	-	-	1956	Closed 1959	Downstream of 872/20
872/15	-	-	R. Ala(2) at Inde-Rhino Camp Rd	-	-	1956	Closed 1959	-
872/20	-	-	R. Aswa at Kitak Acholi	-	-	1969	10/1982	-
872/21	-	-	R. Mobutu(Albert) Nile Laropi East	-	-	1971	9/1977	Different river from 862/01
872/74	-	-	L. Bunyonyi at Eisesero	-	-	-	-	EIS Station near here (1)
872/75	-	-	R. Rehazanenda at Muko-Kisoro Rd	-	-	1977	10/1982	-

Notes: (1) EIS - Egyptian Irrigation Service.

A1-12 : Djibouti

Le rapport consulté, obtenu via l'OMM, est extrêmement concis et peu prolixe en informations précises sur l'été de l'hydrométrie à D'Jibouti.

Date de la mission d'expertise :

Octobre 1987

Nom de l'organisme évaluateur :

Sir Alexander Gibb & Partners et Institute of Hydrology.

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

L'étude des ressources en eaux de surface n'a été entreprise que très récemment à D'Jibouti. Deux études, dues à l'Institute of Hydrology de Wallingford et au Water Resources Research de Bochum, ont été entreprises entre octobre 1979 et mai 1982 dans le cadre d'un programme de coopération hydrogéologique financé par la République fédérale d'Allemagne. Les écoulements fortuits et parfois très violents sont fortement tributaires de la pluviométrie, elle-même fort mal connue. Un premier réseau de six stations était installé dans le sud du pays en 1980.

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

C'est l'ISERT (Institut d'Etudes et de Recherches Scientifiques et Techniques) qui compte, parmi ses vastes attributions, celle de la responsabilité du réseau hydrométrique. Il a dans le passé et maintenant encore bénéficié d'une aide considérable de la République d'Allemagne, qui lui a fourni équipements, crédits de fonctionnement et formation.

Personnel

Le personnel hydrologique paraît extrêmement réduit (un ingénieur hydrologue), mais il profiterait de l'aide et du support logistique des hydrogéologues.

Budget

Le budget de fonctionnement, intégré dans celui de l'ISERT, n'est pas connu. Le rapport consulté fait état d'un budget additionnel sollicité d'équipement pour un montant de 75000 \$.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

6 stations hydrométriques et un réseau complémentaires de pluviographes et piezomètres ont été installés en 1980 dans le sud du pays. Ce sont encore aujourd'hui les seules stations limnimétriques du pays. Elles se situent sur des biefs naturels au droit de franchissements routiers. Toutes les stations sont équipées de limnigraphes à flotteurs. Les crues sont rares et brutales et les jaugeages particulièrement aléatoires et en fait limités à des mesures de vitesses superficielles.

Traitement des données

Les hauteurs enregistrées et dépouillées sont transformées en débits par interpolation des courbes de tarages établies.

Publication des données

Les données ont été publiées dans des rapports d'études, sous forme de crues individuelles, et rassemblées dans des synthèses annuelles dues à l'ISERT pour les années 1983 à 1986.

Banques de données

Il n'y a pas véritablement encore de banque de données, bien que l'ISERT ait reçu le logiciel HYDROM. De toutes façons les lacunes dans les données paraissent considérables autant par suite du mauvais fonctionnement des appareils que par suite des difficultés d'accès.

Qualité des données

Les six séries de données sont trop courtes et la qualité des étalonnages trop mauvaises pour pouvoir critiquer ces données. Néanmoins leur existence a permis de premières conclusions sur la recharge des nappes.

Informations diverses et conclusions :

Un meilleur suivi de ce premier réseau et son extension seraient certainement nécessaires, mais cela supposerait un renforcement considérable des moyens financiers et en effectifs, compte tenu des difficultés d'accès aux stations.

DETAILS DES STATIONS DE JAUGEAGE

Site	Latitude	Longitude	Superficie
Oued Ambouli	11° 34'N	43° 07'E	588 km ²
Oued Ouéah	11 30	42 51	240
Oued Gami	11 07	42 18	96
Oued Chekeiti	11 17	42 14	835
Oued Degbour	10 58	42 15	1050
Oued Galafi	11 42	41 51	45

A1-13 : Somalie

Le rapport en notre possession, remis par l'OMM, ne comporte que fort peu d'indications sur l'état du réseau hydrologique somalien.

Date de la mission d'expertise :

11 au 22 novembre 1987.

Nom de l'organisme évaluateur :

Sir Alexander Gibb & Partners et Institute of Hydrology.

Historique sommaire de l'hydrométrie dans le pays :

Un réseau hydrologique aurait été épisodiquement opérationnel en Somalie depuis le début du siècle, lors des occupations italiennes et anglaises. Le réseau existant en fin 1987 datait de l'année 1963 où il avait pour origine un projet FAO. Il concernait exclusivement les deux fleuves Shebelle (6 stations) et Juba (3 stations).

Informations sur le service hydrologique national :

Situation institutionnelle

Plusieurs administrations se partageaient les responsabilités hydrométriques, et notamment le département des ressources en terres et en eaux du Ministère de l'Agriculture disposait d'une section hydrologique. En 1986 un Centre National de l'Eau (NWC) était créé, dépendant du Ministère des Ressources Minérales et de l'Eau, mais il existait aussi un Ministère pour le Développement de la Vallée du Juba.

Personnel

Nous ne disposons d'aucune information sur les personnels.

Budget

Nous ne disposons d'aucune information sur les budgets.

Réseau hydrologique national :

Nombre de stations et équipements

Les 9 stations qui ont existé sont les suivantes :

- sur la rivière Juba : Lugh Ganana, Baardheere, Jamaame
- sur la rivière Shebelle : Belet Weyn, Bulo Burti, Mahaddey Weyn, Balad, Afgoi, Audegle.

Ces stations étaient toutes situées sur des lits instables.

Traitement des données

Pas d'informations.

Publication des données

Pas d'informations.

Banques de données

Pas d'informations.

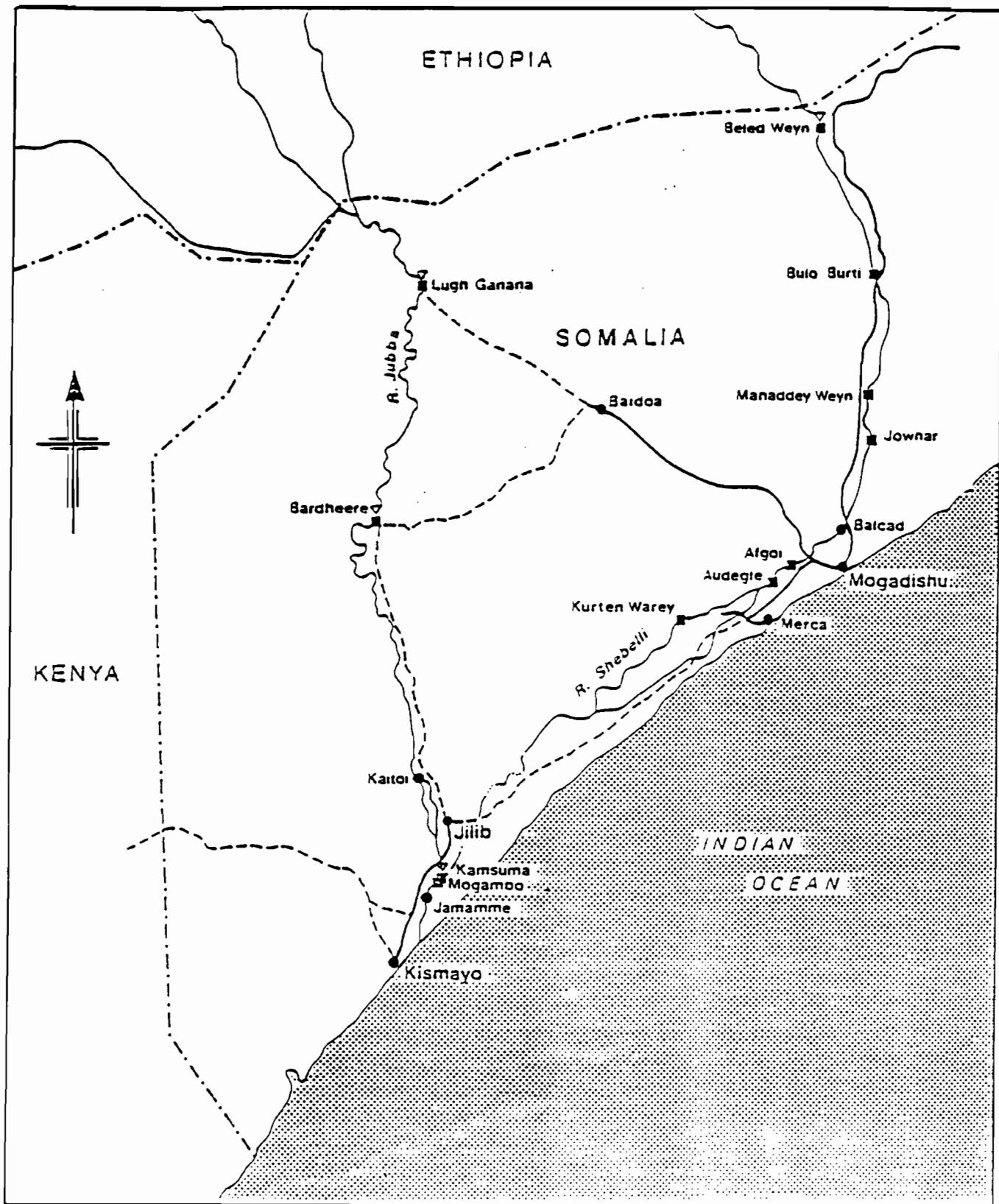
Qualité des données

Pas d'informations.

Informations diverses et conclusions :

La situation actuelle de la Somalie fait que ce réseau n'est certainement plus opérationnel.

Location of flow gauging stations on the Shebelli and Juba rivers



LEGEND

- Surfaced road
 - - - Unsurfaced road
 - Staff gauge station
 - ▣ Automatic recorder station
- 0 100 200 km

ANNEXE 2

PROJETS REGIONAUX DE COLLECTE DES DONNEES HYDROLOGIQUES

Introduction générale

Le Programme pour le Développement de l'Hydrométrie en Afrique de l'Ouest (PHD) présenté au chapitre 7 a joué un rôle de précurseur auprès des organisations internationales et bilatérales concernées, au premier rang desquelles l'OMM, l'UNESCO et la Banque Mondiale.

En mars 1993, l'Organisation Météorologique Mondiale publiait à l'attention de la Banque Mondiale un document de projet intitulé « World Hydrological Cycle Observing System » (WHYCOS) élaboré sur la base de l'expérience rassemblée essentiellement à l'occasion de l'évaluation des réseaux hydrologiques d'Afrique sub-saharienne. Le premier volet de ce système d'observation du cycle hydrologique mondial pourrait être le projet « WHYCOS Africa » qui fait l'objet d'une présentation sommaire dans l'annexe A.2.1, sur la base du document publié par l'OMM.

Depuis plusieurs années, l'UNESCO coordonne à l'échelle européenne une vaste entreprise de collecte et d'exploitation scientifique de données hydrologiques déjà publiées et disponibles en banques de données informatisées. Il s'agit du programme FRIEND (Flow Regimes from International Experimental and Network Data) qui bénéficie d'un label UNESCO. Le premier programme opérationnel fut celui consacré à l'Europe du nord ouest, piloté par l'Institut d'Hydrologie de Wallingford, concernant surtout l'Angleterre, l'Allemagne, le Benelux et la Suisse. Le second programme fut le programme FRIEND AMHY, concernant les bassins alpins et méditerranéens, coordonné par le CEMAGEF français.

Un projet FRIEND s'intéressant à l'Afrique de l'Ouest et Centrale, nommé FRIEND A.O.C., est en cours de lancement sous la coordination de l'ORSTOM avec le label de l'UNESCO. Nous en présentons rapidement les principales caractéristiques dans l'annexe A.2.2.

ANNEXE 2.1

LE PROJET WHYCOS Africa

Au dernier trimestre de l'année 1992, la Banque Mondiale confiait à l'OMM le soin d'élaborer un projet afin de « faciliter un accès rapide à des données hydrologiques actualisées et de bonne qualité, pour les besoins de la planification et du développement ». Cette demande s'inscrivait dans la suite logique de l'évaluation hydrologique de l'Afrique sub-saharienne (SSAHA), étude appelée « Water Assessment » dans le rapport précédent. Ce projet, appelé depuis WHYCOS (World Hydrological Cycle Observing System), fit l'objet d'un rapport final remis à la Banque Mondiale en mars 1993. Nous en présentons ci-dessous les principaux points forts.

A.2.1.1 Justification du projet

A.2.1.1.1 Etat de la question

Le développement « soutenable » de l'utilisation des ressources en eau et l'évaluation des potentialités de l'environnement dépendent tous les deux de la disponibilité et de la diffusion de données hydrologiques de bonne qualité. Cela est vrai en Afrique plus qu'ailleurs encore, où néanmoins la principale conclusion du « Water Assessment » fut de constater qu'à de rares exceptions près les services et réseaux hydrologiques africains avaient subi au cours de la dernière décennie un tel déclin que la plupart des stations hydrologiques de référence possédant de longues séries historiques sont soit négligées, d'où une baisse de la qualité des données, soit en passe d'être abandonnées, ou bien même déjà abandonnées.

A.2.1.1.2 Solution proposée

La solution proposée pour combler cette absence ou cette mauvaise qualité des données hydrologiques africaines consiste en la création d'un réseau de stations hydrologiques « clé », télésurveillées et aux données télétransmises par satellite, réseau hydrologique dont la gestion se ferait en liaison avec la tenue à jour d'une base associée de données hydrologiques historiques de qualité. Ce réseau, nommé WHYCOS Africa, serait complémentaire des réseaux hydrologiques nationaux et intégrerait les stations hydrologiques télétransmises déjà existantes. Ce réseau WHYCOS Africa ne serait pas seulement un réseau de stations hydrologiques, mais collecterait aussi un certain nombre de paramètres environnementaux, comme la température et l'humidité de l'air, la vitesse et la direction du vent et le rayonnement net, afin de permettre le calcul de l'évaporation, et différents paramètres physico-chimiques des fleuves, comme la turbidité, et enfin la hauteur de pluie.

Mais la mise en oeuvre de techniques modernes d'acquisition et de télétransmission des données ne saurait résoudre seule les problèmes des services hydrologiques nationaux, si elle n'était pas accompagnée d'une vigoureuse aide à long terme pour permettre aussi la réhabilitation et la maintenance de leurs réseaux nationaux.

Le projet WHYCOS prévoit donc la création d'une équipe dirigeante du projet à Genève. L'OMM serait l'Agence exécutive et la Banque Mondiale serait chargée de la coordination des donateurs. Cette équipe de direction installerait le réseau WHYCOS en liaison avec les services nationaux, gérerait la banque de données hydrologiques du projet et financerait directement les services nationaux qui seraient chargés de la maintenance des stations. La durée proposée de la première phase de WHYCOS Africa serait de 6 ans. Bien sûr ce projet doit tirer avantage des réseaux télétransmis déjà opérationnels en Afrique de l'Ouest ou dans d'autres parties du monde.

A.2.1.1.3 Objectifs de WHYCOS Africa

L'objectif fondamental de la phase 1 de WHYCOS Africa est de montrer la faisabilité du projet, tout en apportant une contribution immédiate à la réhabilitation et au maintien des services hydrologiques nationaux africains. Cela suppose la mise en oeuvre de trois actions :

- Créer un réseau expérimental et opérationnel d'une centaine de stations hydrologiques et environnementales, aux données télétransmises par satellite à des centres nationaux et internationaux de collecte.

- Mettre en place un système opérationnel pour gérer et entretenir ce réseau, valider les observations hydrologiques, collecter les données, former les personnels nationaux.
- Etablir une banque de données historiques et tenue à jour en temps réel à partir des stations du réseau et la mettre à disposition de tous les utilisateurs.

Dans la mesure où la phase 1 serait un succès, elle serait suivie d'une phase 2 d'expansion du réseau télétransmis qui atteindrait plusieurs centaines de stations en Afrique.

A.2.1.1.4 Principes fondateurs de WHYCOS

- WHYCOS est basé sur une participation des services nationaux auxquels il vient en appui et qui sont les premiers à tirer bénéfice du projet.
- WHYCOS est un projet à long terme qui se distingue donc des aides ponctuelles du passé avec un suivi très relatif.
- Le concept WHYCOS doit être « soutenable », basé sur des technologies sûres, susceptibles d'évolutions et assimilables par les personnels nationaux.
- Les données acquises dans le cadre de WHYCOS doivent être librement échangeables selon des conditions fixées par un comité *ad hoc* organisé par l'OMM.
- Les sites des stations seront choisis de sorte que les données soient le plus utiles possibles à des fins triples de développement économique, scientifique et pour l'environnement.

A.2.1.1.5 Bénéficiaires du projet

Plusieurs bénéfices sont escomptés immédiatement :

- Créer et alimenter des banques de données hydrologiques efficaces pour le développement de la gestion des ressources en eau.
- La télétransmission satellitaire permet des économies de gestion des réseaux dont elle autorise la télésurveillance, et fournit des résultats en temps réel.
- Le projet peut être une occasion de catalyser l'activité des services hydrologiques nationaux qui trouveront l'occasion de former leurs personnels sur un réseau rénové.
- La gestion des ressources hydriques des bassins internationaux sera facilitée.
- Une contribution notable aux banques de données météorologiques nationales et internationales sera apportée par le projet.
- Les modèles destinés à modéliser le « Global Change » trouveront dans le projet les données qui leur manquent sur l'Afrique.

A.2.1.1.6 Risques potentiels

Les risques technologiques sont minimes, mais les risques institutionnels sont certains si un certain nombre de pays ou de services nationaux ne voulaient pas participer au projet.

A.2.1.1.7 Relations avec d'autres programmes

Le projet WHYCOS est évidemment lié au GCOS (Global Climate Observing System) coordonné par le Joint Scientific and Technical Committee (JSTC) de l'OMM, l'IOC, l'UNESCO, le PNUD et l'ICSU, ainsi qu'au GRDC (Global Runoff Data Centre) de Koblenz.

Ensuite, le document présenté par l'OMM pour la Banque Mondiale présente les réseaux télétransmis déjà existant en Afrique (OMS-OCP, réseau hydrologique du Bénin, réseau de la SONEL au Cameroun, réseau OMVS sur le Sénégal et réseau HYDRONIGER), ainsi que les deux systèmes de télétransmission satellitaires actuellement opérationnels : le système METEOSAT, basé sur les satellites géosynchrones du type METEOSAT, et le système ARGOS, embarqué à bord des satellites à défilement polaire de type TYROS de la NOAA.

Le rapport met aussi en évidence les usages possibles et la rentabilité des données hydrologiques pour le développement et explique pourquoi HYDRONIGER, quoique en son temps moderne et télétransmis, n'a pas été un succès pérenne, faute d'avoir trouvé des utilisateurs motivés.

A.2.1.2 Spécifications techniques du projet WHYCOS Africa, phase 1

Sur la base de ce rapport de l'OMM, nous fournissons ci-après quelques détails techniques sur le projet WHYCOS et les conditions de sa mise en oeuvre éventuelle dans les pays de la zone OSS.

A.2.1.2.1 STATIONS HYDROMETEOROLOGIQUES

A.2.1.2.1.1 EQUIPEMENTS SUR LE TERRAIN

Ce projet prévoit plusieurs stades de fonctionnement. La première phase, considérée comme la phase de démarrage, utiliserait les données d'un maximum de stations hydrologiques déjà équipées de télétransmission par satellite. Ces stations qui appartiennent déjà à un réseau opérationnel ne devraient pas nécessiter des investissements matériels importants. Pour cette phase de démarrage, il sera toutefois indispensable de prévoir quelques équipements nouveaux au niveau de stations considérées comme importantes. Plusieurs cas sont donc à envisager:

A.2.1.2.1.2 STATIONS DEJA EQUIPEES

La station est déjà équipée d'une DCP de type « HYDRONIGER »

Il convient de rappeler que ces DCP sont d'une conception déjà ancienne et qu'elles comportent de nombreux éléments mécaniques qui nécessitent pour leur maintenance de faire appel à des personnels qualifiés spécialement formés. Pour le projet WHYCOS Africa, seule la transmission de la cote instantanée est intéressante et l'arrêt du système d'enregistrement sur papier peut être envisagé. La contrainte d'alimentation en air comprimé reste la plus importante.

Si la station retenue est en bon état de fonctionnement et proche d'un centre de gestion hydrologique permettant sa maintenance et son dépannage, cette installation pourra être conservée. La maintenance de six de ces stations situées uniquement en Guinée est assurée par des équipes employées par le projet O.M.S. Oncho. La pérennité de ces installations est garantie pendant un certain temps. Les autres stations dont la charge de la maintenance revient aux équipes nationales seront plus difficiles à maintenir en fonctionnement correct.

Ces stations sont équipées d'émetteurs ARGOS il n'est pas envisageable d'y adjoindre ou de lui substituer un émetteur METEOSAT. Il ne faut prévoir aucune transformations importantes de ces matériels de technologie trop ancienne. Des capteurs supplémentaires ne peuvent pas être rajoutés.

La station est équipée d'une DCP de type PH86.

Ces types de matériels sont utilisés par l'O.M.S., par l'O.M.V.S et par des Services Hydrologiques Nationaux comme ceux du Bénin et de la Guinée. Leur maintenance et gestion beaucoup plus simples que celles des DCP de type HYDRO-NIGER peuvent être assurées par des équipes locales proches du site de leur installation.

Il est possible de rajouter sur ces appareils le circuit de comptage de la pluie. Cette intervention peut s'effectuer sur le terrain par un personnel spécialement qualifié. Il est possible de remplacer sur ces équipements, l'émetteur ARGOS par un émetteur METEOSAT, mais le montage en parallèle ne semble pas très indiqué.

La station est équipée d'une DCP qui ne fonctionne plus.

Dans tous les cas, aucun matériel appartenant à l'ancienne installation ne pourra être récupéré. La nouvelle installation devra être indépendante de l'ancienne.

La station n'est pas équipée de DCP.

Dans ce cas l'installation d'une DCP WHYCOS standard est à prévoir.

REMARQUE.

Dans tous les cas il sera indispensable de maintenir et de prendre en charge par le projet un lecteur payé correctement qui assurera les observations régulières, gardera les équipements et maintiendra propre les abords. Les relevés mensuels de hauteurs d'eau seront envoyées au centre gestionnaire du projet WHYCOS pour contrôler la validité des niveaux reçus.

A.2.1.2.1.3 RECUPERATION DES DONNEES ARGOS.

L'intégration, durant la phase de démarrage du projet WHYCOS, de DCP transmettant par ARGOS posera le problème de la récupération des données ainsi que de la participation financière à la redevance de transmission. La récupération des données des DCP transmettant par ARGOS peut être envisagée de plusieurs façons.

La première solution consiste à disposer au centre de traitement WHYCOS de Genève d'une station de réception directe ARGOS permettant de traiter directement les messages reçus provenant de DCP situées dans la zone visible. Dans ce cas les balises éloignées ne seront pas reçues régulièrement et des absences de messages de plusieurs jours pourront être constatées.

La seconde méthode consisterait à récupérer les messages des DCP nous intéressant par l'intermédiaire du centre de traitement CLS de Toulouse. Cette récupération qui peut être automatisée soit par le Service de Distribution Automatique (ADS) soit par l'injection directe sur le réseau GTS. Ces formules permettent de récupérer la totalité des messages émis quelque soit la position géographique de la DCP.

Une troisième possibilité pourrait être envisagée en plaçant auprès des centres de réception directe ARGOS des gestionnaires des balises utilisées, des stations d'émission METEOSAT de type terminal manuel comme il en est utilisé par les services de la météorologie en Afrique. Dans ce cas, les différents paramètres qui nous intéressent seraient recueillis sur la SRDA par un opérateur et saisis manuellement au clavier pour composer le message METEOSAT qui serait reçu directement par la Station de Réception Directe Météosat (SRDM) de Genève. Une opération de transfert automatique des données de la SRDA vers un terminal METEOSAT a déjà été envisagée mais la structure actuelle des SRDA ne permet pas de réaliser ce transfert automatique.

A.2.1.2.1.4 DEFINITION DES STATIONS STANDARD

La configuration du premier réseau de la phase 1 comportera un nombre important de stations dont l'équipement de télétransmission existe et fonctionne déjà. Les données transmises par ces équipements en place concernent essentiellement des valeurs exclusivement hydrologiques. L'addition de capteurs supplémentaires n'est pas envisageable. Ce premier réseau devra comprendre l'équipement d'un certain nombre de nouvelles stations avec du matériel nouveau.

Dans la majorité des cas, il sera possible de prévoir l'installation et la gestion de DCP METEOSAT. Dans le cas où les stations à équiper sont situées dans des zones difficilement accessibles ou politiquement très instables telles que le bassin du CONGO, la seule formule réaliste envisageable permettant de récupérer des données, reste la transmission ARGOS.

Les configurations standards proposées sont les suivantes:

EQUIPEMENT STANDARD TYPE 1

Equipement de la DCP EOLE

Cet équipement comprend une plate-forme Hydrométéorologique de type EOLE que nous appellerons DCP EOLE. Cet équipement permettrait d'acquérir en automatique et de transmettre des valeurs des paramètres suivants :

- 2 niveaux et températures d'eau déportés de plusieurs centaines de mètres de la centrale d'acquisition si nécessaire.
- 1 capteur de pluie permettant des cumuls au pas de temps minimum de 6 minutes.
- 3 capteurs de température de type PT100.
- 1 capteur de rayonnement solaire.
- 1 capteur d'humidité.
- 1 capteur de vent : force et direction.
- 5 paramètres manuels pouvant être composés par un observateur sur site.
- 3 autres voies pourraient être encore disponibles pour des capteurs supplémentaires.

Cet équipement complet ne serait pas nécessairement présent sur tous les sites, mais toutes les DCP EOLE devraient être standard et permettre le montage de tous les capteurs.

Rythme d'acquisition et d'émission

Le rythme des acquisitions est à définir et dépend essentiellement de l'utilisation que l'on souhaite faire des données. Ce rythme d'acquisition reste lié à la période d'émission qui sera choisie. Cette période pourrait se situer entre 2 et 8 émissions par jour. Les DCP équipant les stations synoptiques de la Météorologie émettent toutes les trois heures et il paraît judicieux de prévoir ce rythme qui permettrait d'acquérir des données sous le même format directement utilisable sur le réseau GTS de la Météorologie mondiale. Un message composé toutes les 3 heures permettrait d'acquérir des données à un pas de temps court et de détailler éventuellement les valeurs de certains capteurs dont la variabilité des données dans le temps pourrait s'avérer utile. Toutes les DCP de ce réseau WHYCOS-Africa devront être programmées de la même façon pour garder une standardisation complète du message et permettre une utilisation simple des messages sur les stations de réception directes situées dans les Centres de Réception Africains.

EQUIPEMENT DU SITE

Tous les sites choisis et équipés devront comporter un Observateur dont le rôle sera de veiller au bon entretien des installations extérieures et d'éviter les déprédations. Il devra en plus, être capable d'effectuer des relevés de contrôle de différents paramètres comme la hauteur d'eau à l'échelle, la pluviométrie journalière, les températures maxi et mini etc. dont les relevés permettront de valider *a posteriori* les valeurs acquises en automatique dans la banque de donnée.

EQUIPEMENT STANDARD DE TYPE 2

Dans cette formule, la DCP EOLE est remplacée par une station manuelle composée d'un calculateur portable et d'un émetteur METEOSAT dont le rythme d'émission est le même que celui des équipements standards du réseau. Dans ce cas, seuls les messages correspondant aux heures ouvrables de la journée sont remis à jour toutes les trois heures.

Ce type de matériel pourrait correspondre à la première phase d'équipement du réseau et permettrait une mise en place rapide de certains postes. Ce type de station pourrait aussi servir dans un premier temps de concentrateur de données provenant de réseaux locaux à transmission ARGOS. Ce type de station doit aussi permettre de conserver une liaison avec certaines équipes nationales de gestion dont l'équipement en moyens de communication modernes et rapides fait encore défaut.

EQUIPEMENT STANDARD DE TYPE 3

Cette formule est composée d'une DCP dont la centrale d'acquisition est identique à celle de la DCP EOLE mais dont l'émission est assurée par le système ARGOS. Dans ce cas, le nombre de capteurs reste identique à celui de la station standard n°1 mais les valeurs transmises sont moins détaillées. Ce type de DCP doit pouvoir être modifié sur site pour être convertie en modèle standard n°1.

Cette formule serait à utiliser dans les cas où il s'avèrerait difficile de trouver du personnel suffisamment qualifié pour gérer une station de type standard n°1. La présence d'un Observateur compétent sur site reste indispensable.

EQUIPEMENT STANDARD DE TYPE 4

Dans la configuration d'un réseau d'observation du type WHYCOS-Africa il est tout à fait concevable de prévoir que dans une phase de fonctionnement de routine, il soit nécessaire d'observer pendant un certain temps des paramètres tels que la hauteur d'eau, les températures, l'humidité relative etc. dans des zones très isolées.

Ce type d'équipement se composerait d'une centrale d'acquisition miniaturisée et d'un émetteur ARGOS. L'autonomie électrique serait assurée par des piles de longue durée permettant d'assurer une autonomie de fonctionnement d'une année au minimum. L'encombrement au sol serait très réduit et la mise en oeuvre très simple pourrait être confiée à des équipes peu spécialisées. Ce type de matériel existe pour les limnigraphes et pluviographes et des tests de fiabilité sont en cours au Laboratoire d'Hydrologie ORSTOM de Montpellier.

A.2.1.2.2 BASE DE DONNEES

L'objectif initial de la constitution de ce réseau d'observation HYCOS-Africa est de prendre en charge la **gestion** de stations hydrologiques représentatives des grands fleuves Africains et de leurs principaux affluents, **d'acquérir** en direct les données et de les mettre à la **disposition** de la communauté Scientifique Mondiale. La base de donnée sera installée à Genève. Dans la plupart des cas, les stations d'observations seront équipées de capteurs complémentaires permettant d'acquérir des données de type météorologique et environnementaux (éventuellement de qualité des eaux). Le fonctionnement de la base de donnée comprend plusieurs aspects qui peuvent être classés de la façon suivante:

**ACQUISITION
VALIDATION
DIFFUSION**

ACQUISITION DES DONNEES

Le mode d'acquisition standard retenu, prévoit l'utilisation du canal de transmission de données du satellite METEOSAT géré par EUMETSAT dont le centre de traitement est situé à DARMSTAT en Allemagne. Les données acquises par ce système seront récupérées par une liaison directe de type réseau. Un logiciel de constitution et de gestion automatique d'une banque de données acquises par des SRDM existe déjà et a été mise au point par CEIS Espace.

Les données provenant des stations émettant par ARGOS seront récupérées au près du Centre de traitement CLS de Toulouse et transmises par réseau spécialisé.

VALIDATION DES DONNEES

Le principe de la mise à disposition des données en temps réel peut être retenu et dans ce cas le pas de temps standard météo de 3 heures peut être conservé. Dans ce cas les données mises à disposition sont des données brutes. Les données de type météorologique au format standard peuvent être diffusées immédiatement par le canal du réseau GTS. Les paramètres hydrologiques ne sont pas diffusables par ce canal.

Le principe de base pourrait être la constitution d'une banque de donnée remise à jour quotidiennement et consultable en automatique par réseau. Cette banque de donnée offrirait à l'utilisateur des valeurs de qualité différente suivant leur ancienneté. Par exemple: des valeur des 10 derniers jours seraient considérées comme brutes et non contrôlées avec un code qualité spécifique. La qualité des données pourrait s'améliorer avec le temps en fonction des réceptions des données de contrôle de terrain et des traitements combinés de plusieurs stations.

DIFFUSION DES DONNEES

Comme cela a déjà été mentionné dans les chapitres précédents, la diffusion des données peut s'envisager de plusieurs façons:

En direct par :

- Le réseau GPS pour les données météorologiques
- Station de Réception Directe METEOSAT (SRDM) dans toute la zone de visibilité du satellite. Récupération directe des messages émis par les DCP sans traitements complémentaires.

En différé :

- Consultation par réseau à partir d'un ordinateur de la banque de données réactualisées tous les jours contenant différents types de données au pas de temps tri-horaire, journalier et mensuel. Présentation des données sous la forme de tableaux ou de graphiques. Possibilité d'afficher des valeurs de plusieurs stations pour comparaison. Possibilité de récupérer des fichiers de données pour traitement local.
- Publication régulière de bulletins hydrologiques à large diffusion.

A.2.1.2.3 RESEAU DE STATIONS WHYCOS AFRICA DANS LES PAYS DE L'OSS

A titre d'information, nous avons extrait du rapport OMM la liste des stations télétransmises par ARGOS existant déjà dans les 13 pays investigués de la zone OSS, ainsi que la liste des stations envisagées par le projet WHYCOS Africa.

Liste des balises ARGOS en service en Afrique

STATION	RIVIERE	BASSIN	PAYS	LAT.	LONG.	NUMBALISE	TYPE	TRANS	GESTION	PROPRIETE	DEBUT	FIN	STAT
DAKAR			SENEGAL			7392	MAR	A	ORSTOM	ORSTOM	01/01/1991		EN SERVICE
PRAIA			CAP VERT			7396	MAR	A	ORSTOM	ORSTOM	01/01/1991		EN SERVICE
OUALIA	BAKOY	SENEGAL	MALI	133600	0102300	8780	PH88	A	OMVS	OMVS	01/08/1988		EN SERVICE
GOURBASSI	FALEME	SENEGAL	MALI	132400	-0113800	8781	PH88	A	OMVS	OMVS	01/08/1988		EN SERVICE
NGOUI	DOUE	SENEGAL	SENEGAL	180900	-0135500	8782	PH88	A	OMVS	OMVS			EN SERVICE
DAGANA	SENEGAL	SENEGAL	SENEGAL	183100	-0163000	8783	PH88	A	OMVS	OMVS			EN SERVICE
BAKEL	SENEGAL	SENEGAL	SENEGAL	145400	-0122700	8784	PH88	A	OMVS	OMVS	01/08/1988		RESERVE
KAYES	SENEGAL	SENEGAL	MALI	142700	-0112700	8785	PH88	A	OMVS	OMVS	01/01/1989		EN SERVICE
BAFFING MAKANA	BAFFING	SENEGAL	MALI	123300	-0101800	8788	PH88	A	OMVS	OMVS			RESERVE
DIBIA	BAFING	SENEGAL	MALI	131400	-0104800	8788	PH88	A	OMVS	OMVS	24/06/1988		EN SERVICE
KAEDI	SENEGAL	SENEGAL	MAURITANIE	180800	-0133000	8789	PH88	A	OMVS	OMVS	01/01/1989		EN SERVICE
DIONGORE	GOROUBI	NIGER	NIGER	136700	0021800	9501	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	10/01/1984		EN SERVICE
ALCONGUI	GOROUOL	NIGER	NIGER	144500	0003800	9504	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	16/01/1984		EN SERVICE
KAKASSI	DARGOL	NIGER	NIGER	136100	0012800	9506	H.NIG	A	HYD.NIGER				EN SERVICE
NIAMEY	NIGER	NIGER	NIGER	134068	0020610	9506	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	08/04/1986		EN SERVICE
KANDADJI	NIGER	NIGER	NIGER	143837	0006926	9507	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	17/11/1984		EN SERVICE
W PARC	NIGER	NIGER	NIGER	123417	0023726	9509	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	08/01/1984		EN SERVICE
CAMPMENT DU W	TAPOA	NIGER	NIGER	122800	0022500	9510	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	12/12/1984	09/06/1992	EN PANNE
DIRE	NIGER	NIGER	MALI	161700	-0032400	9519	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	04/03/1986		EN SERVICE
SELINGUE AVAL = 9636	SANKARANI	NIGER	MALI	113806	-0081306	9520	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	08/07/1984		EN SERVICE
KENIEROBA	NIGER	NIGER	MALI	120806	-0081900	9522	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	20/02/1986		EN SERVICE
NIAFUNKE	ISSA BER	NIGER	MALI	165800	-0036900	9523	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	02/03/1986		EN SERVICE
KEMACINA	NIGER	NIGER	MALI	135800	-0052100	9526	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	22/02/1986		EN SERVICE
KIRANGO AVAL	NIGER	NIGER	MALI	134200	-0080400	9527	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	21/02/1986		EN SERVICE
BOGOUNI	BAOULE	NIGER	MALI	112404	-0072609	9528	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	31/07/1984		EN SERVICE
BENENY KEGNY	BANI	NIGER	MALI	132300	-0045409	9529	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	23/02/1986		EN SERVICE
BANANKORO	NIGER	NIGER	MALI	114106	-0084003	9530	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	19/07/1984		EN SERVICE
KOULKORO	NIGER	NIGER	MALI	126108	-0073307	9531	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	16/07/1984		EN SERVICE
PANKOUROU	BAGOE	NIGER	MALI	112700	-0063407	9532	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	01/08/1984		EN SERVICE
DOUNA	BANI	NIGER	MALI	131207	-0055404	9533	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER			EN SERVICE
AKKA	ISSA BER	NIGER	MALI	162400	-0041400	9534	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	04/06/1984		EN SERVICE
SELINGUE BARRAGE	SANKARANI 9620	NIGER	MALI	113600	-0081000	9536	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	10/07/1984		EN SERVICE
GOUNDAM	TASSAKAN	NIGER	MALI	182500	-0033900	9538	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	07/03/1986		EN PANNE
GARBKOUROU	SIRBA	NIGER	NIGER	134400	0013700	9537	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	18/01/1984		EN SERVICE
KORYOUME TOMBOUCTOU	NIGER	NIGER	MALI	164000	-0030200	9539	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	17/08/1986		EN SERVICE
KOUORO	BANIFING	NIGER	MALI	120103	-0064109	9540	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	12/02/1986		EN SERVICE
ANSONGO	NIGER	NIGER	MALI	164000	0003000	9541	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	26/02/1986		EN SERVICE
DIOLA	BAOULE	NIGER	MALI	123101	0064803	9542	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	08/02/1986	08/06/1992	EN PANNE
NANTAKA	NIGER	NIGER	MALI	143200	-0041200	9543	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	12/03/1986		EN SERVICE
BAROU	MEKROU	NIGER	NIGER	122100	0024500	9590	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	09/01/1984		EN SERVICE
KORIZIENA	GOROUOL	NIGER	BURK.FAS	142200	-0002200	9591	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	23/11/1984		EN SERVICE
TOSSAYE	NIGER	NIGER	MALI	186800	-0003600	9593	H.NIG	A	HYD.NIGER	HYD.NIGER	27/11/1989		EN SERVICE
NUMBIEL	VOLTA NOIRE	VOLTA NOIRE	BURK.FAS	094100	-0024600	10137	PH88	A	OMS-ODIENNE	OMS	01/06/1987		EN SERVICE

DCP proposées par le projet WHYCOS Africa concernant les pays de l'OSS

STATION	RIVIERE	BASSIN	PAYS	S. bassin km²	Début	LATITUDE	LONGITUDE	statuts	N
NUMBIEL	GUENA	B. VOLTA	BURK.FAS	79720	1975	094100	0024600	EN SERVICE	1
HOLHOL	WADI AMBOULI	WADI AMBOULI	DJIBOUTI	588		113400	0430700	ACREER	2
KIBWESI	ATHI	ATHI	KENYA			-022300	0380000	ACREER	2
GARISSA	TANA	TANA	KENYA			-395400	0395400	ACREER	1
MUMIAS	NZOIA	VICTORIA L.	KENYA	10142	1948	002900	0345300	ACREER	1
DOUNA	BANI	NIGER	MALI	101600	1922	131300	-0055400	EN SERVICE	1
DIRE	NIGER	NIGER	MALI	366500	1924	161600	-0032300	A CREER	2
KOULIKORO	NIGER	NIGER	MALI	120000	1907	125200	-0073300	EN SERVICE	1
TOSSAYE	NIGER	NIGER	MALI	348000	1954	165600	-0003500	EN SERVICE	1
BAFFING MAKANA	BAFFING	SENEGAL	MALI	21000	1954	123300	-0101600	EN SERVICE	1
OUALIA	BAKOYE	SENEGAL	MALI	84700	1954	133600	-0102300	ARRETEE	1
GOURBASSI	FALEME	SENEGAL	MALI	17100	1954	124700	-0113800	EN SERVICE	1
KAEDI	SENEGAL	SENEGAL	MAURITANIE	255000	1903	160800	-0133000	EN SERVICE	1
NIAMEY	NIGER	NIGER	NIGER	700000	1928	134056	0020510	EN SERVICE	1
BAKEL	SENEGAL	SENEGAL	SENEGAL	21800	1904	145400	0122700	EN SERVICE	1
LILIB	GANANE	GANANE	SOMALIA			003000	0424500	ACREER	1
MAHADAY WEYNE	WADI SHEBELLI	WADI SHEBELLI	SOMALIA			030000	0453000	ACREER	1
KUBOR	ATBARA	NILE	SUDAN	25600	1967	140500	0360000	ACREER	2
MONGALLA	BHAR EL JEBEL	NILE	SUDAN	483000	1905	051200	0314600	ACREER	2
EDDIEM	BLUE NILE	NILE	SUDAN	174000	1962	114400	0355900	ACREER	1
DANGALA	NILE	NILE	SUDAN	1610000	1962	191000	0303200	ACREER	1
TAMANIAT	NILE	NILE	SUDAN	1470000	1911	155800	0323900	ACREER	1
WAD EL HELEIN	SETIT	NILE	SUDAN	65300	1971	141500	0361500	ACRER	2
HILLET DOLEIB	SOBAT	NILE	SUDAN	232000	1905	092100	0313700	ACREER	1
MALAKAL	WHITE NILE	NILE	SUDAN	1140000	1905	093300	0314000	ACREER	1
N'JAMENA	CHARI	CHARI	TCHAD	600000		120700	0150200	A CREER	1
SARH	CHARI	CHARI	TCHAD	193000		090900	0182500	A CREER	1
BOL	LAC TCHAD	CHARI	TCHAD			132700	0140400	A CREER	2
BIRNI	LOGONE	CHARI	TCHAD	76000		114600	0150600	A CREER	1
PARAA	KYOGA NILE	NILE	UGANDA		1962	021700	0315500	ACREER	1
PANYANGO	MOBUTU NILE	NILE	UGANDA		1945	022700	0313000	ACREER	1
BWERAMULE	SEMLIKI	NILE	UGANDA		1940	005700	0301100	ACREER	1
MBULAMUTI	VICT. NILE	NILE	UGANDA		1916	004000	0330200	ACREER	1

ANNEXE 2.2

LE PROGRAMME FRIEND AOC

A.2.2 PRINCIPES DE PARTICIPATION DE L'ORSTOM AU PROJET FRIEND AOC

A.2.2.1 OBJECTIFS

- Mettre en place et gérer une BANque de DONnées Inter-Etats (BADOIE), regroupant l'information existante dans les domaines de l'hydrologie de surface, de la pluviologie et de l'évapotranspiration. Par information existante, il faut entendre les données historiques préexistantes au lancement du programme et les données générées et collectées pendant son exécution.
- Mettre en oeuvre des pôles thématiques de critique, de gestion et d'exploitation des données de la banque. Ces pôles permettront d'assurer la valorisation scientifique et l'utilisation des données de la banque pour les besoins du développement.
- Mettre en place un réseau inter-états et international d'échanges et de valorisation des données hydrologiques entre les acteurs de Friend AOC (participants impliqués dans BADOIE, personnels associés aux pôles thématiques, UNESCO, ORSTOM, autres programmes FRIEND, etc.)
- Participer à la formation des hydrologues et des spécialistes des ressources en eau de la région. Cette formation devra couvrir l'ensemble des domaines allant des niveaux techniques (par ex. critique des données ou gestion des banques de données), jusqu'aux niveaux plus élaborés (participation à des expertises pour le développement, formation académique (thèses d'université) ou professionnelles (mémoires d'écoles d'ingénieurs))
- Proposer et mettre en oeuvre des dispositions permettant d'assurer un flux minimum permanent et garanti de données de qualité dans BADOIE, c'est à dire faire qu'un effort de collecte sur le terrain soit effectivement mené dans le même temps que l'exécution de FRIEND AOC.

A.2.2.2 DOMAINE GEOGRAPHIQUE

Les états de la zone Ouest et Centre de l'Afrique (AOC), qui étaient inclus dans le volet AOC du « *Sub Saharan Water Assessment* » de la Banque Mondiale

A.2.2.3 COMPOSANTES DU PROJET

FRIEND AOC comprend :

- Un **comité de pilotage**, qui est la superstructure de coordination de l'ensemble des composantes du programme FRIEND AOC
- Une **banque de données inter-états**
- Des **pôles thématiques**
- Un **sous-programme d'hydrologie opérationnelle de collecte de données** sur le terrain.

Cette dernière composante est spécifique au programme AOC de FRIEND. Elle est justifiée par rapport aux autres programmes FRIEND par les difficultés spécifiques à la zone. Elle pourrait constituer un interface entre le PHI de l'UNESCO et le PHO de l'OMM et être considérée comme l'amorce du programme WHYCOS Afrique, ou comme un étape pré-WHYCOS entreprise avec des moyens plus légers.

A2.2.3.1 La Banque de Données Inter-Etats (BADOIE)

Le sous-projet de la banque de données inter-états comporte des activités menées sur un site central où se réalisent la concentration et la dissémination des données au niveau inter-états et des activités

conduites au sein d'antennes nationales légères, ayant en charge ces mêmes opérations à l'échelle nationale. Au stade actuel, les sites les plus vraisemblables pour l'implantation de BADOIE en Afrique seraient Ouagadougou ou Abidjan. Pour des questions de sécurité informatiques, une sauvegarde des fichiers sera gérée au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier.

La composante BADOIE de FRIEND AOC fera l'objet d'un document de Projet qui sera soumis au financement du FAC (Coopération Française). L'ORSTOM se candidate pour assurer la maîtrise d'oeuvre du projet et un chercheur de l'ORSTOM sera proposé comme Conseiller Technique Principal du projet. Un homologue africain sera désigné par les états participants. D'autres personnels de l'ORSTOM requis pour mener à bien cette composante seront mis à disposition du programme. La structure des antennes nationales sera la plus légère possible (un correspondant national par état, le matériel informatique requis, un programme de formation). Des mécanismes de centralisation des données spécifiques à chaque état en fonction de la structure institutionnelle du secteur Eau devront être étudiées, mais le principe général est que les responsables nationaux du secteur Eau s'engagent dans toute la mesure du possible à mener ces activités de centralisation des données à l'échelle nationale dans le cadre normal de leurs activités d'hydrologie opérationnelle. La composante BADOIE pourra toutefois apporter une contribution pour l'équipement informatique et pour un plan de formation des personnels impliqués.

Cette Banque de données est le lieu de concentration et de distribution des informations à tous les pôles thématiques de FRIEND AOC, en appliquant les règles de mise à disposition des données définies et adoptées par le comité de pilotage.

A.2.2.3.2 Les pôles thématiques.

Ces pôles seront créés en fonction des besoins et des opportunités du développement et des ressources humaines effectivement mobilisables. Toute structure associée de FRIEND AOC pourra conduire des activités d'exploitation ou de valorisation des données et créer des équipes relevant d'un pôle thématique. Ce concept "*d'unité associée*" devra être étudié et précisé par le comité de pilotage. Les pôles thématiques n'ont pas nécessairement une implantation géographique unique, mais devront chercher à créer une dynamique régionale inter-états sur le thème choisi. Chaque partenaire de FRIEND AOC pourra évidemment participer à plusieurs pôles thématiques. Conformément à la structure habituelle des programmes FRIEND, il est prévu que chaque état participant à un pôle thématique sera représenté par un Coordonnateur National (CN) pour le thème en question. Au niveau inter-états, le pôle thématique sera représenté au sein du comité de pilotage par un Coordonnateur Inter-Etats (CIE). Le coordonnateur international est membre du comité de pilotage.

Le financement initial du programme FRIEND AOC doit être suffisant pour assurer l'animation et la dynamique régionale qui constituent l'esprit même des programmes FRIEND. Sans être exagérément pessimiste, il faut cependant considérer que les ressources financières mobilisables ne permettront pas d'assurer le financement des activités qu'il serait souhaitable de conduire dans chaque état et dans l'ensemble des pôles thématiques.

On doit donc considérer que chaque groupe constituant un pôle thématique devra rechercher - sous la bannière FRIEND AOC - des financements complémentaires en exploitant au mieux toutes les opportunités d'assistances bilatérales, multilatérales ou internationales. Cette stratégie de "désagrégation" des financements peut être contestée, mais il est clair que la position actuelle des bailleurs de fonds est de ne juger recevables que des programmes bien identifiés au niveau des objectifs, des moyens, des délais de réalisation. La qualité, l'utilité et la fiabilité des propositions qui seront faites par les équipes constituant les différents pôles thématiques seront évidemment des éléments déterminants pour obtenir des financements. Cette disposition devrait constituer un élément de garantie pour la bonne qualité des produits et la pertinence des résultats issus de FRIEND AOC.

Un certain nombre de pôles thématiques et d'animateurs (appelés ici "Coordonnateurs Inter-Etats" - CIE) avaient été identifiés au cours d'une première réunion à Ouagadougou en février 1993 :

- Régionalisation des paramètres hydrologiques.
- Etiages et gestion des petites retenues.

Il est proposé ici que la formation, qui avait été identifiée comme un thème spécifique, soit incluse dans chacune des composantes de FRIEND AOC (BADOIE et pôles thématiques). Le comité de pilotage devra veiller à ce que cette résolution soit effectivement traduite dans les faits.

L'ORSTOM qui s'est proposé de prendre en charge la réalisation de BADOIE, souhaite développer des recherches en aval de ce programme conformément à sa mission d'EPST, dans un certain nombre de directions. Cette orientation amène l'Institut à proposer la création des pôles thématiques nouveaux suivants :

- Spatialisation des bilans hydrologiques sur grands bassins versants. Centre de gravité du pôle à Bamako
- Non stationnarité des séries climatiques et hydrologiques : causes climatiques et anthropiques. Centre de gravité du pôle à Abidjan
- Variations spatio-temporelle des pluies

A.2.2.3.3 Le comité de pilotage

Le comité de pilotage serait constitué de la manière suivante (**liste indicative non limitative**):

- Le Coordonnateur général du projet, président du comité de pilotage, pressenti par le maître d'oeuvre et dont la candidature sera proposée au Comité de Pilotage
- le Conseiller Technique Principal du projet BADOIE et son homologue
- Les coordonnateurs inter-états de chaque pôle thématique
- un représentant de l'UNESCO
- un représentant du CIEH
- un représentant des bailleurs de fonds
- un représentant de l'OMM
- etc.

A.2.2.3.4 La collecte des données sur le terrain

Il est bien clair que FRIEND AOC perdrait une grande part de son intérêt si les activités se limitaient à traiter des données préexistantes, sans qu'existe un apport continu de données actualisées sur toute la zone. Il est clair que compte tenu des difficultés économiques de la plupart des états, ces aspects d'hydrologie opérationnelle sont ceux qui sont le plus affectés par cette conjoncture, défavorable au bon fonctionnement des services publics et à la motivation de leurs personnels. Les tournées sur le terrain et les campagnes de jaugeages sont en effet des activités relativement coûteuses, tant par les moyens de fonctionnement requis (véhicules, *per diem*) que par l'équipement spécialisé nécessaire (courantomètres, bateaux, etc.). Il serait donc tout à fait justifié et pertinent de mettre en place une composante d'hydrologie opérationnelle, spécifique à FRIEND AOC mais en liaison avec d'autres projets similaires, dont la fonction serait de garantir un flux minimum de données de qualité vers la banque de données sur l'ensemble de la zone du programme.

Cette collecte porterait sur un nombre limité et bien identifié de stations. Il serait judicieux que la liste de points de mesure qui sera retenue corresponde à (ou recouvre) celle du Projet WHYCOS Afrique. Le module d'hydrologie opérationnelle de FRIEND AOC pourrait ainsi être considéré comme un projet transitoire, précédant et préparant la mise en oeuvre de WHYCOS, et qui serait mené avec des moyens plus légers. Dans les faits, cela reviendrait à ce que les services de l'hydrométéorologie de chaque état passent un contrat avec cette composante opérationnelle du projet, par lequel ils s'engageraient à fournir des données sur ce réseau minimum, à charge du projet de financer les dépenses spécifiques à ces activités.

Au plan institutionnel, ce module permettrait de coupler le PHI de l'UNESCO et le PHO de l'OMM et de motiver la Banque Mondiale qui manifeste un certain intérêt vis à vis de WHYCOS.

A.2.2.4 LA FORMATION

La formation des personnels est un thème général, présent dans l'ensemble des composantes de FRIEND AOC. Des modules de formation continue et de formation diplômante seront inclus dans chaque composante.

A.2.2.5 BUDGET

Une estimation budgétaire avait été présentée par le CIEH pour couvrir les besoins d'équipement et de fonctionnement d'un projet qui recouvrait approximativement la composante BADOIE définie dans le présent document. Pour une durée de 4 ans, le budget s'établissait à 275 000 000 CFA (valeur 1993), selon la ventilation suivante :

- 104 000 000 Personnel
- 64 000 000 Equipement
- 62 000 000 Déplacements, réunions statutaires
- 45 000 000 Fonctionnement et frais de structures.

Les besoins en première année du projet étaient estimés à 97 000 000 CFA.

Dans la mesure où le projet serait accepté selon le dispositif proposé ici, par l'ensemble des parties prenantes (états, organisations régionales, bailleurs de fonds, UNESCO, etc.), une mise à jour précise et circonstanciée de ce budget sera entreprise, tenant compte des paramètres nouveaux (formation incluse dans le module, dévaluation du franc CFA, etc.).

Il est toutefois prévisible que dans la mesure où l'ORSTOM viendrait à assumer la maîtrise d'oeuvre de BADOIE, les coûts seraient très significativement inférieurs à ceux qui avaient été avancés par le CIEH en 1993. Les réductions seraient particulièrement significatives sur les postes "Personnel" et "Frais de structure", dans la mesure où, considérant qu'il y a là matière à un grand dessein scientifique conforme à sa mission d'EPST, l'ORSTOM prendrait à sa charge les salaires d'une grande partie du personnel de coordination et d'animation de FRIEND AOC.